

Міністерство освіти України
Криворізький державний педагогічний університет

Комп'ютерне моделювання
та інформаційні технології
в освітній діяльності

Збірка наукових праць

Кривий Ріг
Видавничий відділ КДПУ
1999

ББК 32.973.3

К 63

УДК 681.3.001.57+37.01:007

Збірник друкується відповідно до розпорядження МО України
«Про організацію і проведення науково-методичних конференцій
та науково-практичних семінарів у 1999 році»
(Наказ №1/9-113 від 24.03.99 р., п. 47)

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради Криворізького
державного педагогічного університету (Протокол №9 від
11.03.1999 р.)

*Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології в
освітній діяльності: Збірник наукових праць. – Кривий Ріг:
Видавничий відділ КДПУ, 1999. – 249 с.*

Збірник містить статті з різних аспектів застосування мо-
делювання у природничих науках та освітній діяльності, нових
технологій навчання фізики, математики та інформатики. Значну
увагу приділено мережним технологіям та методиці дис-
танційного навчання.

Для студентів вищих навчальних закладів, аспірантів,
наукових та педагогічних працівників.

Рецензенти:

Є.Я. Глушко – д-р физ.-мат. наук, проф., зав. кафедри
фізики Криворізького державного педа-
гогічного університету

Я.В. Шрамко – д-р філософських наук, доцент кафедри
філософії Криворізького державного педа-
гогічного університету

ISBN 5-7763-2587-0

Розділ І
Моделювання

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОЛИВАНЬ ПРИ ВЕЛИКИХ АМПЛІТУДАХ

М.К. Нечволод, М.М. Голоденко, Ю.М. Гриценко, А.Ф. Прун
м. Слов'янськ, Слов'янський державний педагогічний інститут

В інструкціях до лабораторних робіт із визначення прискорення вільного падання за допомогою математичного або обертового маятника звичайно вимагається, щоб амплітуда коливань була не дуже великою, бо формула Гюйгенса для періоду коливань

$$T_0 = 2\pi\sqrt{J/mgl} \quad (1)$$

є справедливою лише для малих коливань. У цій формулі J – момент інерції маятника відносно осі коливань, m – маса маятника, g – прискорення вільного падання, l – віддаль центра мас від осі коливань. З іншого боку, для того, щоб точніше виміряти період коливань, треба спостерігати як найбільше періодів, а при наявності загасання це потребує великої початкової амплітуди. Повстає питання, яку початкову максимальну амплітуду треба взяти, щоб забезпечити вимірювання прискорення вільного падання з заданою точністю.

Згідно з законом збереження енергії сума кінетичної та потенціальної енергії фізичного маятника в будь-який момент часу дорівнює потенціальній енергії в момент максимального відхилення від стану рівноваги:

$$\frac{J\omega^2}{2} + mgl(1 - \cos \alpha) = mgl(1 - \cos A), \quad (2)$$

де ω – циклічна частота коливань, α – кутове відхилення маятника від стану рівноваги, A – кутова амплітуда коливань. Звідси циклічна частота коливань

$$\omega = \frac{d\alpha}{dt} = \sqrt{2ml/J} \cdot \sqrt{\cos \alpha - \cos A} \quad (3)$$

Інтегруючи отримане диференціальне рівняння, маємо період коливань фізичного маятника

$$T = 4 \int_0^A \sqrt{\frac{J}{2mgl}} \cdot \frac{d\alpha}{\cos \alpha - \cos A} = \sqrt{\frac{J}{mgl}} \int_0^A \frac{d\alpha}{\sqrt{1 - 2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} - \cos A}}. \quad (4)$$

Розклавши підінтегральний вираз в ряд Маклорена і проінтегрувавши, отримуємо:

$$T = T_0 \sum_{n=0}^{\infty} B_n, \quad (5)$$

де $B_0=1$,

$$B_n = B_{n-1} \left(\frac{2n-1}{2n} \right)^2 \sin^2 \frac{A}{2}. \quad (6)$$

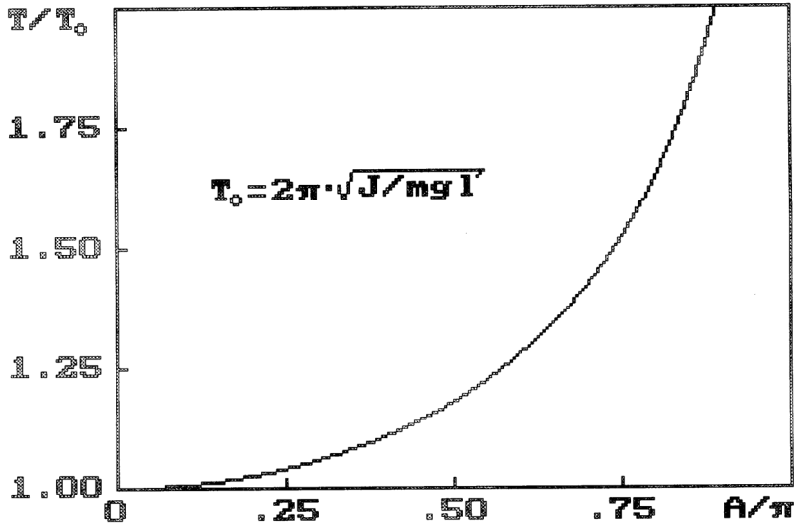


Рис. 1. Залежність періоду T коливань маятника від кутової амплітуди A . T_0 – період за формулою Гюйгенса.

На рисунку показано отриману обчисленням на комп'ютері залежність періоду коливань від кутової амплітуди. Як бачимо, при малих амплітудах період коливань мало відрізняється від розрахованого за формулою Гюйгенса, але потім із збільшенням амплітуди період коливань швидко зростає, прямуючи до нескінченності, коли кутова амплітуда наближається до 2π . Отже, із збільшенням амплітуди обчислене за формулою Гюйгенса

значення прискорення вільного падання все більше знижуватиметься. Розрахунки показують, що при кутовій амплітуді більшій від 5° помилка у визначенні прискорення вільного падання перевищує 0,1 %, а при кутовій амплітуді 17° ця помилка досягає 1%.

Результати розрахунків показані в таблиці. Кутова амплітуда A коливань наведена в градусах. T/T_0 – відношення реального періоду T коливань при даній амплітуді до періоду коливань T_0 маятника за малих амплітуд, коли справедливою є формула Гюйгенса. G/G_0 – відношення прискорення вільного падання G , обчисленого за формулою Гюйгенса, виходячи з експериментального виміряного періоду T , до дійсного значення G_0 прискорення вільного падання. Наведені в таблиці значення дозволяють оцінювати похибку обчислення прискорення вільного падання за експериментально отриманим періодом коливань T за різних амплітуд A .

Таблиця

A	T/T_0	G/G_0	A	T/T_0	G/G_0	A	T/T_0	G/G_0
1	1.0000	.99996	22	1.009	.9817	65	1.09	.8465
2	1.0001	.99985	24	1.011	.9782	70	1.10	.8232
3	1.0002	.99966	26	1.013	.9745	75	1.12	.7987
4	1.0003	.99939	28	1.015	.9704	80	1.14	.7729
5	1.0005	.99905	30	1.017	.9661	85	1.16	.7459
6	1.0007	.99863	32	1.020	.9614	90	1.18	.7178
7	1.0009	.99814	34	1.022	.9565	95	1.21	.6887
8	1.0012	.99756	36	1.025	.9514	100	1.23	.6586
9	1.0015	.99692	38	1.028	.9459	105	1.26	.6277
10	1.0019	.99620	40	1.031	.9401	110	1.30	.5960
11	1.0023	.99540	42	1.035	.9341	115	1.33	.5636
12	1.0027	.99453	44	1.038	.9278	120	1.37	.5306
13	1.0032	.99358	46	1.042	.9213	125	1.42	.4970
14	1.0037	.99255	48	1.046	.9145	130	1.47	.4629
15	1.0043	.99145	50	1.050	.9074	135	1.53	.4283
16	1.0049	.99028	52	1.054	.9001	140	1.59	.3934
17	1.0055	.98903	54	1.059	.8925	145	1.67	.3579
18	1.0062	.98771	56	1.063	.8847	150	1.76	.3220
19	1.0069	.98631	58	1.068	.8766	155	1.87	.2857
20	1.0077	.98484	60	1.073	.8683	160	2.00	.2491
21	1.0085	.98329	62	1.079	.8597	165	2.16	.2139

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАБИЛИЗАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ (001) Si НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ИОНАМИ

А.Е. Кив¹, В.Н. Соловьев², Т.И. Максимова²

¹ г. Одесса, Южно-Украинский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского

² г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

При рассмотрении всего многообразия применения твердых тел в технологических процессах, оказывается, что наиболее часто используются механические, химические, электрические, оптические свойства поверхностей и границ раздела, где объем образца играет лишь роль подложки, которую можно заменить каким-либо другим веществом. В обратных случаях, когда необходимость использования твердого тела обоснована его объемными свойствами, отрицательное влияние поверхностных эффектов часто делает материал непригодным для применения. Возникает необходимость разработки различных способов модификации поверхностей. Наиболее распространенные среди них в настоящее время – лазерное облучение, покрытие поверхности слоем чужеродного материала, ионная бомбардировка с энергиями порядка нескольких килоэлектронвольт.

Кремний является наиболее широко применяемым в микроэлектронике полупроводником. Тенденция к уменьшению интегральных схем и приборов ведет к увеличению роли поверхностных эффектов. За последние десятилетия микроэлектроника практически полностью перешла на использование интегральных схем с поверхностью кремния (001) [1]. Так как эта поверхность не является естественной поверхностью скола (в отличие от (111)), то она особенно неустойчива. Приготовление чистой (001) Si поверхности (без адатомов и вакансий) требует значительных усилий. Наиболее неутешительным фактором является медленная релаксация поверхности после скола. Действительно, в плоскости скола (001) Si на один поверхностный атом приходится по две незаполненные связи (в плоскости естественного скола (111) Si и в плоскости (011) на один поверхностный атом приходится только одна оборванная связь). Димерная модель

реконструкции поверхности прогнозирует заполнение только одной ненасыщенной связи. Таким образом, у каждого поверхностного атома остается по одной оборванной связи, что делает поверхность (001) Si достаточно химически активной, – возникает необходимость разработки методов стабилизации поверхности и ее ускоренной релаксации.

Анализ особенностей формирования и влияния радиационных допороговых и послеороговых дефектов на основные физические процессы в полупроводниках [2] привел нас к следующему предположению. Облучение поверхности кремния нейтральными ионами с энергиями, меньшими энергии дефектообразования E_d может способствовать переходу ее структуры в энергетически более стабильное состояние. Этот метод стабилизации поверхности может быть более предпочтительным, чем использование распространенной в настоящее время ионной бомбардировки с энергиями ионов порядка нескольких килоэлектронвольт [1], которая может приводить к значительным перестройкам приповерхностных слоев.

Построение модели

При моделировании поверхности кремния нами использован метод молекулярной динамики [3] с эмпирическими потенциалами Стиллинджера-Вебера [4] и Китинга [5]. Расчетная ячейка включает 864 атома – 12 слоев по 72 атома в каждом. В модели введены периодические граничные условия в двух направлениях. Первоначально атомы расчетной ячейки располагаются в узлах идеальной кристаллической решетки кремния, их дальнейшие положения вычисляются из решения уравнений движения по алгоритму Верлета [3]. Шаг интегрирования 0.001 пс. Бомбардировка ионами проводилась при температуре системы 300°K.

Потенциал Стиллинджера-Вебера [4], представлен в виде суммы радиальной v_2 и угловой v_3 компонент:

$$v_2 = \mathcal{E}_2(r_{ij} / \delta), \quad v_3 = \mathcal{E}_3(r_i / \delta, r_j / \delta, r_k / \delta),$$

где

$$f_2(r) = A(Br^{-4} - 1)\exp[(r - a)^{-1}] \quad (r < a),$$

$$f_2(r) = 0 \quad (r \geq a);$$

$$f_3(r_i, r_j, r_k) = h(r_{ij}, r_{ik}, \theta_i) + h(r_{ji}, r_{jk}, \theta_j) + h(r_{ki}, r_{kj}, \theta_k),$$

$$h(r_{ij}, r_{ik}, \theta_i) = \lambda \exp[\gamma(r_{ij} - a)^{-1} + \gamma(r_{ik} - a)^{-1}] \left(\cos \theta_i + \frac{1}{3}\right)^2$$

$$(r_{ij}, r_{ik} < a)$$

$$h(r_{ij}, r_{ik}, \theta_i) = 0 \quad (r_{ij}, r_{ik} > a).$$

Здесь $\theta_i = \theta_{ijk}$, $\varepsilon=1.79549$ эВ, $\delta=0.20951$ нм, $A=7.049556277$, $B=0.602245584$, $\alpha=1.8$, $\lambda=21.0$, $\gamma=1.2$.

Для исследования возможного влияния нейтральных низкоэнергетических ионов на процесс релаксации поверхности, отдельным ее атомам передавались импульсы, соответствующие энергии налетающей частицы. Энергия ионов E_i выбирались из интервала (5 – 50) эВ (пороговая энергия дефектообразования для Si в направлении $\langle 001 \rangle$ $E_d^{\langle 001 \rangle} \approx 30$ эВ [2]). Число атомов, которым одновременно передавалась энергия налетающего иона, выбиралось так, чтобы обеспечить экспериментально используемые потоки порядка 10^{16} см⁻²с⁻¹.

Обсуждение результатов моделирования

Моделировалась сильно разупорядоченная поверхность (001) кремния. В такой модели реконструкция распространяется на четыре приповерхностные слоя, кривая радиального распределения (КРРА) атомов 4-х приповерхностных слоев напоминает КРРА аморфного кремния [6,7].

Без бомбардировки характерна следующая реконструкция атомов по слоям. В первом слое мы наблюдаем ряды как симметричных димеров, реконструированных по типу 2×1, так и асимметричных наклонных и изогнутых димеров [8]. Реконструкция четвертого слоя сохраняет симметрию 1×1. Третий слой атомов играет роль демпфирующего слоя, связывающего поверхностные слои, не имеющие трансляционной симметрии, и нижние слои, характеризующиеся трансляционной симметрией.

В ходе реконструкции часть атомов первого слоя смещается вниз (13-18 %), в то время как часть атомов третьего слоя смещается вверх (7-16.5 %). Таким образом, оба эти слоя разрыхляются, возникают 3-х членные кольца, связывающие атомы третьего слоя с первым. Если в объеме наблюдаются 6-членные кольца, в

идеальной модели поверхностных димеров – 5-ти и 6-ти членные кольца, то здесь мы наблюдаем кольца с числом атомов от двух до восьми, среди которых 5-ти и 6-ти членные кольца преобладают. Из теории дефектообразования [2] известно, что подобные аномальные кольца характеризуются напряженными неустойчивыми связями.

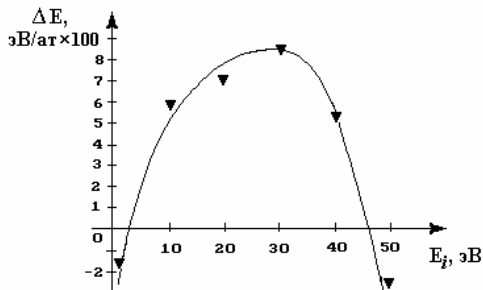


Рис.1. Зависимость степени релаксации поверхности от энергии налетающего иона.

Бомбардировка нейтральными ионами с энергиями порядка пороговой энергии E_d для кристаллического направления $\langle 001 \rangle$ ($E_d^{\langle 001 \rangle} \approx 30$ эВ [2]) ускоряла релаксацию и приводила к стабильному энергетическому выигрышу системы (рис.1). Максимальное ускорение релаксации и наибольший энергетический выигрыш 0.08 эВ на каждый атом из четырех приповерхностных слоев наблюдались при энергии налетающих ионов, равной пороговой энергии для данного направления.

Ускорение релаксации сопровождалось улучшением структуры поверхности. Улучшение структуры первого слоя (его уплотнение) наблюдалось при энергиях ионов 10 – 30 эВ. Соответственно 18 – 46 % атомов возвращались в слой. Восстановление третьего слоя наблюдается при энергиях ионов 20 – 40 эВ. При бомбардировке порядка 30 эВ слой может восстанавливаться до 100 %. Однако, напряженность связей третьего слоя делает их подвижными, поэтому восстановление и разрыхление третьего слоя носит периодический характер. При пороговом и подпороговом облучении увеличивается количество 6-членных колец, уменьшается число аномальных полигонов.

При облучении поверхности нейтральными ионами с энер-

гиями выше пороговой влияние отдельных ударов распространяется до 7-го приповерхностного слоя, – возникают структурные дефекты в пятом, шестом, седьмом слоях, наблюдается большее разупорядочение первого слоя.

Таким образом, облучение поверхности нейтральными ионами с подпороговыми и пороговыми энергиями ведет к ускорению релаксации поверхности и улучшению ее структурных характеристик.

Обнаруженная ускоренная релаксация поверхности под пучком низкоэнергетических ионов позволяет надеяться на возможность обеспечения радиационно-стимулированной технологии формирования стабильных поверхностных структур. Полученные данные можно использовать для целенаправленной модификации поверхностей и прогнозирования их структурно-зависимых физических свойств.

Литература:

1. Бехштедт Ф., Эндерлайн Р. Поверхности и границы раздела полупроводников: Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 488с.
2. Вавилов В.С., Кив А.Е., Ниязова О.Р. Механизмы образования и миграции дефектов в полупроводниках. – М.: Наука., Главная редакция физ.-мат. литературы, 1981. – 368с.
3. Хеерман Д.В. Методы компьютерного эксперимента в теоретической физике: Пер. с англ. / Под. ред. С.А.Ахманова. - М: Наука. Гл. ред. физ.- мат. лит., 1990. - 176 с.
4. F. Stillinger, T. Weber, *New interatomic potential for Si*, Phys. Rev. B **31**, 5262 (1985).
5. I. Ohdomari, H. Akatsu, *The structural models of the Si/SiO₂ interface*, Non-Cryst. Sol. **89** 239-248 (1987).
6. Максимова Т.И. Компьютерное моделирование радиационно-стимулированной стабилизации (001) Si поверхности.// Фотоэлектроника, № 8, 1998.
7. Ishimaru M., Munetoh S. Generation of amorphous silicon structure by rapid quenching: A molecular-dynamics study.// Phys.Rev., B **56** (23), 15133-15138 (1997).
8. K.Inoue, Y. Moricawa, *Order-disorder phase transition on the Si (001) surface: Critical role of dimer defects*, Phys.Rev., B **49** (20), 14774-14777 (1994).

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДОСЛІДУ ФРАНКА-ГЕРЦА

Л.С. Шуригіна, М.М. Голоденко, В.О. Надточій, В.М. Ткаченко
м. Слов'янськ, Слов'янський державний педагогічний інститут

Вивчення атомної фізики починається з постулатів Бора. В досліді Франка-Герца ці постулати знаходять експериментальне підтвердження. Проте, проведення досліді Франка-Герца пов'язане з труднощами, оскільки серед існуючих іонних ламп відсутні лампи із ртутним наповненням. Найбільш придатними для експерименту є тиратрони з аргоновим наповненням, конструкція і принцип дії яких докладно описані в підручнику «Электронные и ионные приборы», В.Ф. Власов, М.: Связьиздат, 1960.

В нашому експерименті використовується тиратрон ТГ1-0,1/1,3, в якому крім керуючої сітки є ще екранна сітка, яка звужує потік зарядів між анодом і катодом. Потенціал збудження аргону становить $U_3=11,57$ В, а потенціал іонізації $U_i=15,7$ В. Якщо електрони, рухаючись від катода, набувають енергії 11,57 еВ, то зіткнення з атомами стають непружними і електрони втрачають кінетичну енергію. Якщо цей процес відбувається на підході до керуючої сітки, то електрони гальмуються полем анода і не досягають його. Електричний струм в полі анода зменшується. Спадання струму спостерігатиметься також при напругах керуючої сітки $2 U_3$, $3 U_3$ і т.д. Експериментальні труднощі при аргоновому заповненні збільшуються порівняно із ртутним, бо для аргону різниця між потенціалами збудження та іонізації дуже мала. Щоб зменшити ймовірність іонізації атомів аргону, та запобігти запалюванню самостійного розряду, в експерименті на нитку розжарення подавалась понижена напруга 2,75 В.

Електрична схема для зняття вольт-амперної характеристики тиратрона наведена на рис. 1. Для візуального спостереження залежності використовувалась схема, показана на рис. 2. На керуючу сітку подається синусоїдний сигнал напругою 50 В і частотою 50 Гц від генератора ГЗ-33. Ця ж напруга подається на горизонтально відхиляючі пластини осцилографа. На вертикально відхиляючі пластини подається напруга з резистора 10 кОм, пропорційна анодному струмові. На рисунку 3 наведено

осцилограму вольт-амперної характеристики, переняту за допомогою сканера. Зворотний хід променя на екрані не показаний.

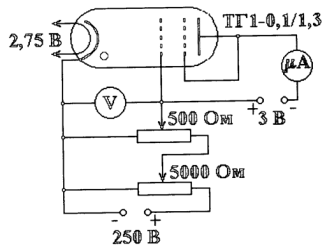


Рис.1. Електрична схема для зняття вольт-амперної характеристики тиратрона.

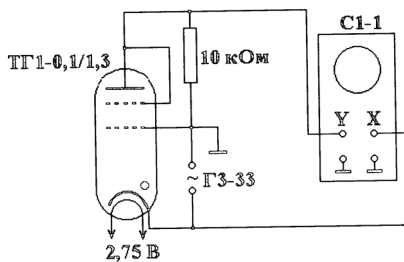


Рис.2. Електрична схема для візуального спостереження вольт-амперної характеристики.

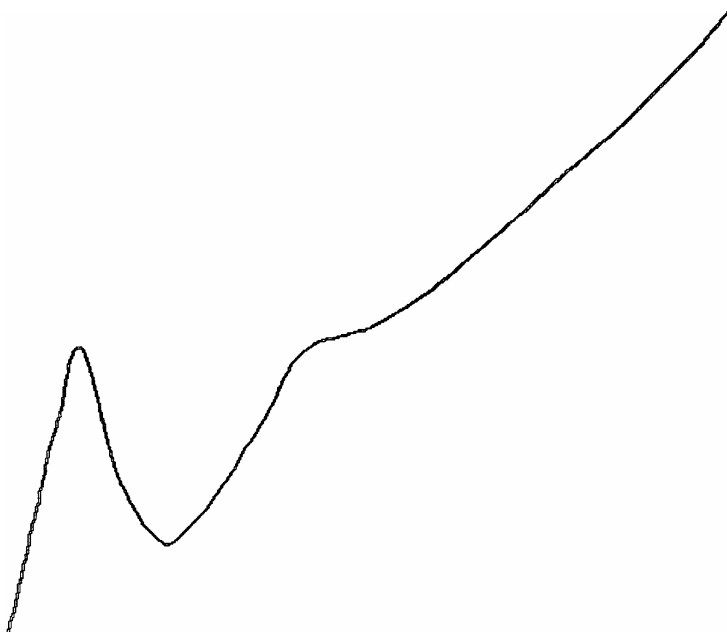


Рис. 3. Осцилограма залежності струму анода від напруги сітки.

Ми поставили перед собою завдання комп'ютерного моделювання процесів збудження атомів аргону. Лише при такому комплексному підході можна зробити досить важкі для ро-

зуміння квантовомеханічні уявлення більш наочними. Коли напруга на аноді ще мала, збудження атомів аргону не відбувається і вольт-амперна характеристика тиратрона описується законом Богуславського-Ленгмюра, або законом трьох других:

$$I = C(U + U_c)^{3/2} \quad (1)$$

де I – анодний струм, U – напруга на аноді, U_c – контактна різниця потенціалів між анодом і катодом, обумовлена тим, що вони виготовлені з різних матеріалів і мають різну температуру, C – коефіцієнт пропорційності.

Апроксимація за методом найменших квадратів дозволяє знайти за експериментальними даними коефіцієнт C та контактну різницю потенціалів U_c . На рисунку 4 показано спрямлюючу пряму, побудовану в процесі комп'ютерної обробки результатів експерименту, та наведено отримані значення C і U_c .

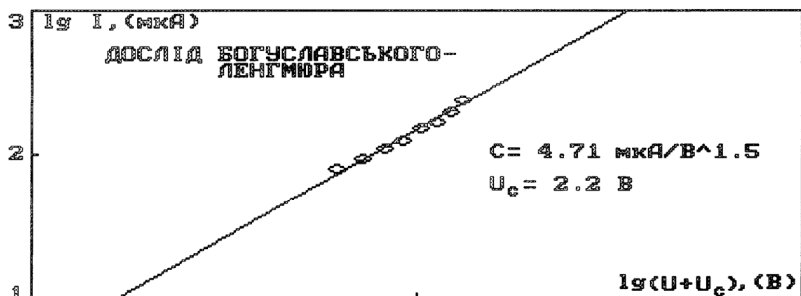


Рис. 4. Лінійаризація початкової ділянки вольт-амперної характеристики тиратрона.

Коли напруга сітки тиратрона перевищує потенціал збудження, частина електронів втрачає отриману від прискорюючого електричного поля кінетичну енергію і в результаті не досягає аноду. Анодний струм зменшується. Величина, на яку зменшується анодний струм, визначається ймовірністю B того, що окремий електрон спричинить збудження атома аргону. Наводимо підпрограму на мові програмування BASIC, яка обчислює значення анодного струму I в залежності від напруги сітки U і ймовірності B ,

Фрагмент програми

```
3000 REM ===АНОДНИЙ СТРУМ===
3010 II =C*(1 - A1 *B)*U^K
```

```

3020 REM Струм електронів, що не іонізували атоми аргону
3030 IF U<=V THEN I2=0 ELSE I2=C*(1-A2*B)*A1*B*(U-V)^K
3040 REM Струм електронів, що іонізували 1 атом
3050 IF U<=2*V THEN I3=0 ELSE I3=C*(1-A3*B)*A1*A2*B^2
*(U-2*V)^K
3060 REM Струм електронів, що іонізували 2 атоми
3070 IF U < 3 * V THEN I4 = 0 ELSE I4 = C* A1 * A2 * A3 * B ^ 3
*(U-3 * V) ^ K
3080 REM Струм електронів, що іонізували 3 атоми
3090 I = I1+I2 +I3 +I4
3100 RETURN

```

Результат комп'ютерного моделювання досліду Франка-Герца наведено на рисунку 5. Хоча розрахункова крива не досить добре пристає до експериментальних точок, проте, враховуючи теоретичні складнощі в комп'ютерному моделюванні експерименту, узгодження можна вважати задовільним. Якісний же характер залежності повністю передається розрахованою кривою.

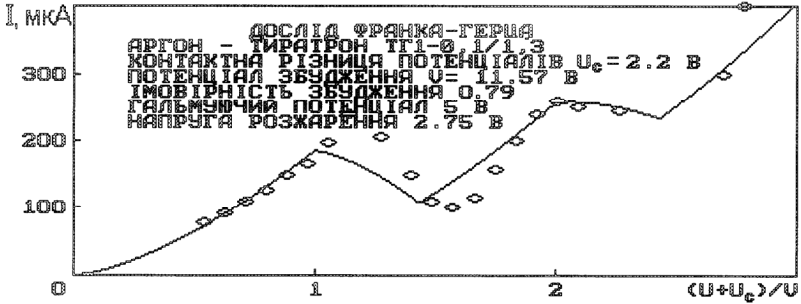


Рис. 5. Експериментальна (кружечки) і теоретична (крива) залежності анодного струму від напруги сітки.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУЛЕРЕНОПОДОБНЫХ СТРУКТУР НА ПОВЕРХНОСТИ (001) КРЕМНИЯ

В.Н. Соловьев, Т.И. Максимова, С.А. Семериков
г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

В последние годы уделяется большое внимание поиску новых материалов с уникальными физическими свойствами. Примером таких структур являются малые кластеры Si расширенного объема, а так же кремниевые структуры, близкие по физическому смыслу к фулереноподобным. Целью данной работы было исследования стабильности указанных структур на поверхности кристаллического кремния.

Построение модели

При построении поверхности кремния использовался стандартный метод молекулярной динамики с использованием эмпирических потенциалов [1]. В настоящее время метод молекулярной динамики (МД) остаётся одним из наиболее перспективных в моделировании поверхностей. Он дает возможность получить статические и динамические характеристики вещества на молекулярном и атомарном уровне.

В основе метода лежит предположение о том, что движение атомов вещества подчиняется законам движения Ньютона, то есть, может быть описано уравнениями движения классической динамики с заданным потенциалом взаимодействия $u(r_{ij})$.

Выбор потенциала взаимодействия является важным вопросом для нашей модели. Сильная угловая зависимость связи в ковалентных полупроводниках ведет к существенным смещениям атомов на поверхности и к возникновению сложных квантово-механических эффектов, включая взаимодействие атомов, разрыв и образование химических связей, искажение sp^3 гибридизации, перетекание заряда. Для расчета сил межатомного взаимодействия нами был выбран потенциал Каксираса [2], выведенный из *ab initio* расчетов. Параметры потенциала и его функциональная форма достаточно корректно отражают квантово-

механические процессы на поверхности.

Расчетная ячейка включает 1000 атомов. В модели введены периодические граничные условия в двух направлениях. Первоначально атомы расчетной ячейки располагались в узлах идеальной кристаллической решетки кремния, их дальнейшие положения вычислялись из решения уравнений движения по алгоритму Верлета [1] с шагом интегрирования 0.001 пс.

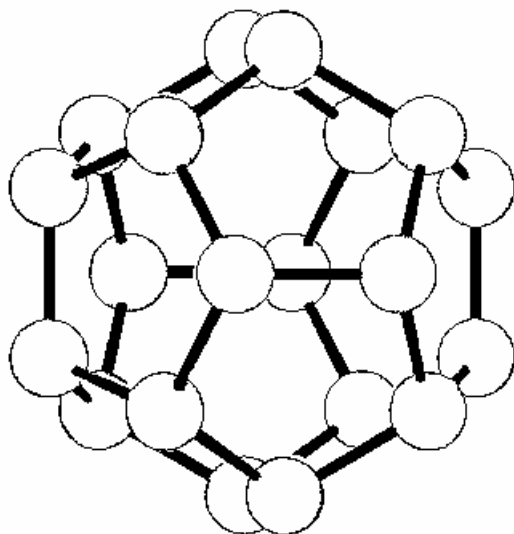


Рис. 1. Минимальный клэсрейт кремния, размещаемый на поверхности (001) Si – пентагональный додекаэдр, состоит из 20 атомов кремния.

Моделировались следующие типы поверхностей:

- кремниевые фазы увеличенного объема (клэсрейты). На идеальной поверхности (001) кремния размещались энергетически устойчивые минимальные клэсрейты Si₂₀ (рис.1.) [3]. Дальше производилось их пересвязывание и находились стабильные структуры с минимальной энергией.

- фуллерены. На идеальной поверхности (001) кремния наносились фуллерены с наименьшим числом атомов Si₂₄. Дальше производилась релаксация полученной поверхностной структуры, анализировалась ее стабильность и энергетический выигрыш.

- для сравнения фулереноподобной и обычной поверхности кремния моделировалась сильно разупорядоченная поверхность (001) Si [4], структурные характеристики которой находятся в хорошем согласии с последними результатами сканирующей туннельной микроскопией [5] и другими экспериментальными методами [6].

Анализ полученных результатов

Поверхность с напыленными кремниевыми фазами увеличенного объема (класрейты – состоят из 6-членных колец и колец с меньшим числом атомов) является достаточно устойчивой структурой, в то время как фулерены (присутствуют только 6-ти членные кольца) на поверхности гораздо менее устойчивы. На рис.2 приведены кривые радиального распределения атомов для поверхностной структуры с класрейтами, и поверхности с фулеренами, которые совпадают с полученными расчетными данными [7].

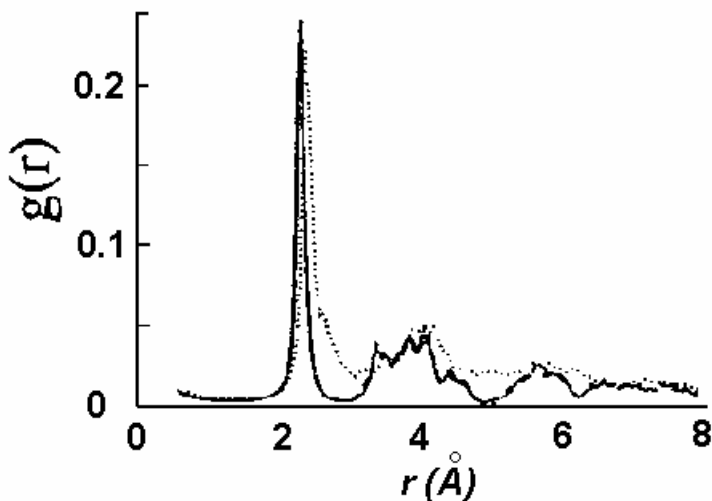


Рис.2. Кривые радиального распределения атомов для поверхностной структуры с класрейтами (сплошная линия), и поверхности с фулеренами (пунктирная линия).

При пересвязывании фулеренов возникают устойчивые кольца с числом атомов меньшим шести. Это позволяет сделать

вывод, что структуры типа клэсрейтов более характерны для кремния, в то время как фуллерены кремния не являются достаточно устойчивыми структурами.

Аналогичные результаты мы наблюдаем при изучении энергетических характеристик полученных поверхностей. Для клэсрейтов имеем энергетический выигрыш 0.08 эВ на каждый атом из приповерхностных слоев по сравнению с моделью разупорядоченной поверхности, и 0.05 эВ/атом по сравнению с моделью фуллеренов.

При напылении минимальных фуллереноподобных структур Si_{20} и Si_{24} на поверхность (001) Si имеем пять верхних приповерхностных слоев с некристаллической структурой, разупорядочение обычной поверхности (001) кремния распространяется на четыре верхних слоя. Длина связи четырех разупорядоченных приповерхностных слоев поверхности (001) составляет 2.32Å, при наличии фуллереноподобных структур она увеличивается до 2.41Å. Поверхность (001) Si характеризуется большим числом 3-членных и наличием других аномальных колец с числом атомов от 2 до 8. При напылении фуллеренов и клэсрейтов аномальные полигоны практически отсутствуют, что говорит об отсутствии напряженных подвижных связей, большое число которых ухудшает энергетические характеристики обычной (001) поверхности.

Литература:

1. Хеерман Д.В. Методы компьютерного эксперимента в теоретической физике: Пер. с англ. / Под. ред. С.А. Ахманова. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. – 176 с.
2. M.Z. Bazant, E. Kaxiras, *Environment-dependent interatomic potential for bulk silicon*, Phys.Rev, В **56**(14), 8542-8552 (1997).
3. A. Demkov, O. Sankey, K. Schmidt, *Theoretical investigation of alkali-metal doping in Si clathrates*, Phys.Rev., В **50**(23), 17001-17008 (1994).
4. Максимова Т.И. Компьютерное моделирование радиационно-стимулированной стабилизации (001) Si поверхности.// Фотоэлектроника, № 8, 1998.
5. H.Neddermeyer *Scanning tunnelling microscopy of semiconductor surfaces*, Rep.Prog.Phys **59**(6), 701-769 (1996).

6. Бехштедт Ф., Эндерлайн Р. Поверхности и границы раздела полупроводников: Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 488с.
7. J. Song, S. Illoa, D. Drabold, Exciton-induced lattice relaxation and the electronic and vibrational spectra of silicon clusters, *Phys.Rev.*, В **53**(12), 8042-8051 (1996).
8. K.Inoue, Y. Moricawa, *Order-disorder phase transition on the Si (001) surface: Critical role of dimer defects*, *Phys.Rev.*, В **49**(20), 14774-14777 (1994).

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КУРСА "ХИМИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА"

Е.И. Гетьман, В.И. Марченко
г. Донецк, Донецкий государственный университет

Одним из главных направлений современного реформирования и совершенствования учебного процесса является его компьютеризация. Применение компьютеров чрезвычайно многообразно: это и решение расчетных задач, проведение тестовых опросов, обучение с помощью компьютерных учебников и др. Основной целью привлечения компьютеров в учебный процесс является не только повышение эффективности обучения, но и его углубление как за счет приобретения навыков владения компьютерной техникой, так и за счет некоторого расширения рассматриваемых вопросов изучаемой темы в дополнительное время, образовавшееся в результате его экономии из-за внедрения новых (компьютерных) технологий обучения. Исходя из этого, на кафедре неорганической химии ДонГУ давно ведутся работы по внедрению компьютеров в учебный процесс для изучения общих и специальных курсов.

При изучении курса "Химия твердого тела" учебным планом предусмотрено проведение лабораторных и практических занятий, на которых студенты должны освоить препаративные методы твердофазного синтеза неорганических материалов и овладеть математическим аппаратом этой области химии. Для более эффективного использования времени, отведенного для практикума, нами разработаны три специальные программы:

- "Термодинамические параметры твердофазной реакции",
- "Кинетические параметры твердофазного взаимодействия",
- "Энергия активации химической реакции".

Общей идеей, заложенной в основу всех программ, является создание предпосылок, способствующих оказать помощь студенту не только в проведении расчетов, но и в обосновании необходимого выбора того или иного варианта расчетов.

При выполнении практикума по теме "Твердофазный синтез неорганических материалов" на первом этапе студенты должны осуществить расчет термодинамических параметров различных

вариантов возможного взаимодействия между конкретными реагентами, которые предлагаются по выбору преподавателя. Поскольку возможных вариантов, с образованием различных конечных продуктов можно составить очень много, то на осуществление расчетов значений энтальпии, энтропии и изобарно-изотермического потенциала (энергии Гиббса) реакции студенты затрачивали очень много времени. Такое нерациональное использование времени послужило поводом для разработки программы "Термодинамические параметры твердофазной реакции". Для проведения расчетов с использованием программы сначала необходимо на экране дисплея набрать уравнение рассматриваемой химической реакции (правила набора высвечиваются в отдельном окне). После этого на экран выводится пояснения к проведению расчетов (приводятся определения энтропии, энтальпии, энергии Гиббса реакции, критерий самопроизвольного протекания процесса и какие необходимо иметь исходные данные для проведения расчетов). Далее программой предусмотрен просмотр банка данных (состоящий из значений термодинамических характеристик около 200 простых и сложных веществ) с отбором тех, которые принимают участие в рассматриваемой реакции с последующим выведением на экран результатов поиска. В зависимости от наличия термодинамических характеристик принимаемых в реакции веществ программа предлагает три возможных варианта продолжения работы:

- при отсутствии значений энтальпии или энтропии хотя бы одного из участвующих в реакции веществ, программа сообщает, что расчет термодинамических параметров реакции невозможен. При необходимости студент может вызвать подсказку, в которой рассмотрены простейшие методы расчета значений энтропии и энтальпии отдельных веществ.

- при наличии значений энтальпии и энтропии всех веществ программой производится расчет термодинамических параметров реакции при стандартных условиях, а также и при других, задаваемых студентом температурах. Такой расчет осуществляется с использованием приближения Неймана-Коппа. Предусмотрен вывод на экран подсказки о сути указанного приближения, его преимущества, недостатки и границы применения.

- при наличии значений энтальпии, энтропии и полинома за-

висимости теплоемкости от температуры всех веществ программой предусмотрено проведение точного расчета изобарно-изотермического потенциала реакции при различных (задаваемых студентом) температурах. В этом случае представляется возможным провести сравнение значений изобарно-изотермического потенциала реакции при различных температурах, полученных приближенным и точным расчетом. На основании проведенного сравнения предлагается сделать соответствующие выводы.

Разработанная программа существенно ускоряет процесс расчета и позволяет студенту за более короткое время определить (на основании результатов расчетов) наиболее вероятный вариант протекания реакции. Высвободившееся время используется для проведения экспериментального изучения реакций. В конечном счете представляется возможным обсудить сопоставимость экспериментальных и расчетных данных большего количества исследуемых реакций, что позволяет выявить и систематизировать найденные закономерности.

При выполнении практикума по теме "Кинетика твердофазных реакций" студентам необходимо на первом этапе получить (при изучении конкретной химической реакции) экспериментальную зависимость степени превращения α реагирующих веществ от времени τ . Далее по полученным данным рассчитать кинетические параметры реакции и ориентировочно определить механизм ее осуществления. Как показала практика, студентами на проведение расчетов (даже с использованием программируемых микрокалькуляторов) затрачивалось время, сопоставимое с затратами времени на эксперимент. Это указывало на необходимость внедрения в расчетный процесс более совершенной вычислительной техники, а именно компьютеров. Нами создана специальная программа, позволяющая не только сокращать время за счет скорости вычислений, но еще и давать пояснения проводимых вычислений, т.е. программа с элементами обучения.

В настоящее время определение кинетических параметров твердофазных химических реакций осуществляется, в основном, двумя методами:

- формальным подбором уравнения, наилучшим образом описывающим экспериментально установленную зависимость

степени превращения вещества от времени.

- подстановкой экспериментальных данных в уже известные кинетические уравнения, выведенные исходя из предпосылок о конкретных механизмах взаимодействия компонентов. Критерием выбора необходимого кинетического уравнения, в этом случае, может служить линеаризация некоторых рассчитанных величин в различных системах координат. Таким образом, использование ЭВМ является весьма эффективным в приложении к обеим, используемым на практике, методам. Разработанная нами программа "Кинетические параметры твердофазного взаимодействия" позволяет проводить расчеты обоими методами. После введения экспериментальных данных (степень превращения - время) на экране дисплея высвечивается меню с предложением проведения расчетов двумя указанными выше методами, При выборе первого метода на экране высвечивается пояснение о преимуществах и недостатках этого метода. Объясняется, что найденное уравнение может служить (в большинстве случаев) лишь удобной математической формой записи зависимости степени превращения от времени и не будет выражать химической сути процесса.

Поэтому для проведения расчетов предлагается применить одну из разновидностей этого метода, а именно использовать обобщенное кинетическое уравнение, и проводить поиск его параметров методом перебора экспериментальных данных. После этого на экран выводится обобщенное кинетическое уравнение в дифференциальной форме, перевод его в интегральную и объясняются способы его решения (в том числе и подбором параметров исходя из набора экспериментальных данных). Решение подобной задачи без применения быстродействующей ЭВМ весьма трудоемко. Программой (методом постепенных приближений) эта задача решается довольно быстро и на экране выводятся значения константы скорости (k) и индекса (m) реакции. Кроме этих значений в отдельном окне выводится информация о том, какие значения k , m и z (величина, определяемая механизмом взаимодействия) характерны для реакций, осуществляющихся по различным механизмам, что дает возможность студенту на основании анализа полученных данных предположить возможный вариант механизма осуществления рассматриваемой реакции. Рас-

чет кинетических параметров реакции вторым методом также содержит в себе элементы обучения. После выбора посредством меню этого метода расчета, на экране дисплея высвечивается возможность проведения расчетов по уравнениям, выведенным из предположений о трех основных механизмах взаимодействия компонентов:

- диффузионный механизм,
- топохимическое взаимодействие,
- модели зародышеобразования.

После выбора подменю, на экране высвечиваются основные предпосылки, на основании которых было выведено базовое кинетическое уравнение, и по каким конкретным уравнениям возможно провести расчет при помощи программы. После выбора конкретного уравнения на экран выводятся конкретизированные предпосылки, на основании которых было выведено именно это уравнение. Далее производится расчет (по ранее введенным экспериментальным данным) кинетических параметров и выводятся их величины в виде цифровых значений, которые по желанию оператора могут быть представлены и в виде графических зависимостей в различных системах координат. Это позволяет исследовать их на линеаризацию в заданных координатах с целью определения пригодности уравнения для обсчета полученных экспериментальных данных. Анализ рассчитанных значений кинетических параметров, полученных с использованием предложенных программой 11 кинетических уравнений позволяет студенту подобрать наиболее подходящее, обосновать свой выбор и рассмотреть вероятный механизм рассматриваемой реакции.

При использовании программы "Энергия активации химической реакции" на первой заставке приводится определение энергии активации химической реакции в классическом понимании, а также отличие в определении аналогичной характеристики применительно к твердофазной реакции. После этого приводится уравнение Аррениуса в дифференциальной и интегральной формах с помощью которых возможен расчет энергии активации. Здесь же рассматриваются два пути (расчетный и графический) определения величины энергии активации химической реакции. При использовании расчетного метода приведена методика определения энергии активации по двум варьируемым значениям

константы скорости реакции (k) и температуры (T), с последующим усреднением результата расчета E по каждому двум парам точек. Обсуждены преимущества и недостатки этого метода. При использовании графического метода приведена методика обработки экспериментальных данных k и T (метод наименьших квадратов) с целью приведения этих данных к линейной зависимости в координатах $\lg k - 1/T$, с последующим расчетом энергии активации по уравнению $E = -R \lg(\varphi)$. Далее программой предусмотрен ввод экспериментальных значений k и T . После этого высвечивается перевод в $\lg k$ и $1/T$ и положение экспериментальных точек на графике в координатах $\lg k - 1/T$. На этом же графике приводится и линейная зависимость k от T , рассчитанная при помощи МНК. На следующей заставке выводятся результаты расчета кажущейся энергии активации твердофазной реакции обоими методами. Причем, на экране приводятся не только конечные результаты, но также и значения E , полученные первым методом посредством варьирования k и T .

Студенту предлагается полученные двумя методами значения энергии активации сравнить и сделать соответствующие выводы для сдачи лабораторной работы.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Д.И. Родькин¹, А.А. Хараджян¹, С.А. Семериков²

¹ г. Кривой Рог, Криворожский технический университет

² г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Определение реальных параметров электрических двигателей и электромеханических систем электрического привода необходимо для определения потерь, для расчета, настройки и коррекции систем автоматического управления электроприводами в процессе эксплуатации. Такими параметрами для двигателей являются активное сопротивление обмоток, индуктивность, момент инерции ротора, момент сопротивления холостого хода, а для систем привода – это момент сопротивления нагрузки, момент инерции вращающихся элементов, скорость вращения. Некоторые из этих параметров не зависят от состояния электродвигателя (момент сопротивления и момент инерции нагрузки), но другие – являются параметрами самого двигателя и сильно зависят от условий его эксплуатации. Так, например, поток двигателя находится в сильной зависимости от качества стали магнитопровода, активное сопротивление – от температурных условий и т.д. Кроме того, параметры электродвигателя могут изменяться в процессе эксплуатации, при аварийных режимах и после ремонта двигателей.

Достоинством предлагаемой системы определения параметров привода является возможность отказ от неудобных механических датчиков скорости, которые вносят большие погрешности в системы управления.

1. Энергетическая модель двигателя постоянного тока.

Двигатель постоянного тока с независимым возбуждением является в настоящее время основным типом двигателя, используемым в автоматизированном электроприводе при наиболее высоких требованиях к статическим и динамическим показателям.

Двигатель постоянного тока в общем случае описывается следующей системой уравнений:

$$\left. \begin{aligned}
 u_{я} &= R_{я\Sigma} \cdot i_{я} + L_{я\Sigma} \frac{di_{я}}{dt} + e \\
 u_{\epsilon} &= R_{\epsilon\Sigma} \cdot i_{\epsilon} + L_{\epsilon\Sigma} \frac{di_{\epsilon}}{dt} \\
 M_{\partial} - M_{c} &= J_{\Sigma} \frac{d\omega}{dt} \\
 k\Phi &= f(i_{\epsilon}) \\
 e &= k\Phi \cdot \omega \\
 M_{\partial} &= k\Phi \cdot i_{я}
 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где $u_{я}$ – напряжение питания якорной цепи; $i_{я}$ – ток якорной цепи; $R_{я\Sigma}$ – суммарное сопротивление якорной цепи; $L_{я\Sigma}$ – суммарная индуктивность якорной цепи; e – противо-ЭДС двигателя; u_{ϵ} – напряжение питания цепи возбуждения; i_{ϵ} – ток цепи возбуждения; $R_{\epsilon\Sigma}$ – суммарное сопротивление цепи возбуждения; $L_{\epsilon\Sigma}$ – суммарная индуктивность цепи возбуждения; ω – скорость вращения ротора; J_{Σ} – суммарный момент инерции ротора; M_{∂} – момент двигателя; M_{c} – момент статического сопротивления; $k\Phi$ – коэффициент потока машины.

Наиболее легкоуправляемым и распространенным является ДПТ с независимым возбуждением. ДПТ НВ имеет следующую схему включения обмоток (рис.1.).

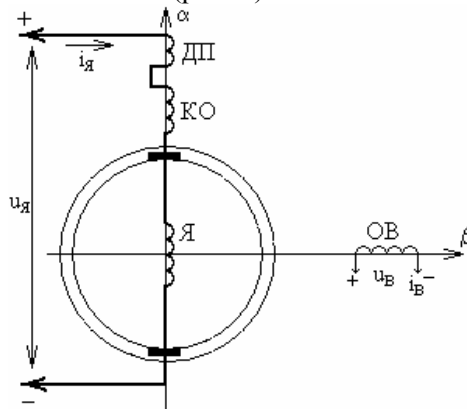


Рис. 1. Схема включения обмоток двигателя постоянного тока независимого возбуждения.

Необходимо отметить, что приведенная выше система уравнений (1) справедлива для компенсированных двигателей и к двигателям, не имеющим компенсационной обмотки, может быть отнесено с некоторым приближением. Для них действие продольной составляющей поперечной реакции якоря приводит при постоянном токе возбуждения к уменьшению потока двигателя по мере роста тока якоря в нелинейной зависимости, что вызывает возрастание статической жесткости механических характеристик.

2. Математическое описание контура энергодиагностики.

Контур энергодиагностики представляет собой систему уравнений, с помощью которых возможно определение энергетических показателей машины и на их основе определение параметров системы привода.

Для ДПТ, как и для любой машины справедлив закон сохранения энергии. Электрическая энергия в ДПТ преобразуется в механическую за вычетом потерь или, наоборот, из механической в электрическую в зависимости от режима работы системы привода. Это преобразование энергии может быть описано следующей системой уравнений:

$$\left. \begin{aligned} P_c(t) &= I_{\text{я}}(t)^2 \cdot R_{\text{я}\Sigma} + L_{\text{я}\Sigma} \frac{dI_{\text{я}}(t)}{dt} \cdot I_{\text{я}}(t) + \omega(t) \cdot k\Phi \cdot I_{\text{я}}(t) \\ P_{\text{эм}}(t) &= M_{\text{хх}}(t) \cdot \omega(t) + M_c(t) \cdot \omega(t) + \frac{d}{dt} \left(\frac{J_{\Sigma}(t) \cdot \omega(t)^2}{2} \right) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где $P_{\text{эм}}(t) = \omega(t) \cdot k\Phi \cdot I_{\text{я}}(t)$ – электромагнитная мощность в зазоре машины; $M_{\text{хх}}$ – момент холостого хода.

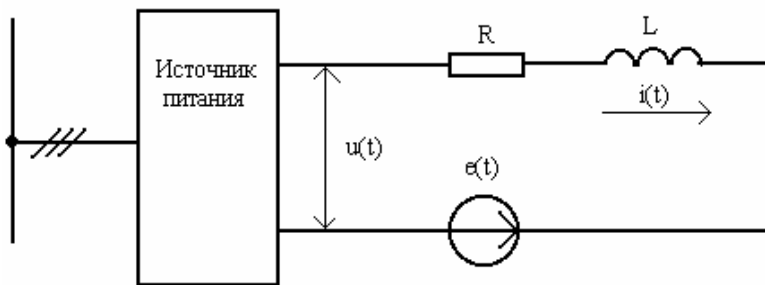


Рис.2. Схема замещения МПТ.

Машину постоянного тока можно представить электрической схемой замещения, состоящей из трех элементов: активного и индуктивного сопротивлений, и механической части, замененной эквивалентной ЭДС, рис.2.

Для схемы замещения справедливо следующее уравнение электрического равновесия:

$$U_c(t) = I_\alpha(t) \cdot R_{\alpha\Sigma} + L_{\alpha\Sigma} \frac{dI_\alpha(t)}{dt} + \omega(t) \cdot k\Phi \quad (3)$$

Если уравнение (3) умножить на ток $I(t)$, то получим уравнение баланса мощности:

$$P_c(t) = I_\alpha(t)^2 \cdot R_{\alpha\Sigma} + L_{\alpha\Sigma} \frac{dI_\alpha(t)}{dt} \cdot I_\alpha(t) + \omega(t) \cdot k\Phi \cdot I_\alpha(t) \quad (4)$$

где $P_{эм}(t) = \omega(t) \cdot k\Phi \cdot I_\alpha(t)$ – электромагнитная мощность в зазоре машины.

С другой стороны электромагнитная мощность может быть представлена через электромагнитный момент двигателя $M_{эм}(t) = k\Phi \cdot I_\alpha(t)$:

$$P_{эм}(t) = M_{эм}(t) \cdot \omega(t) = k\Phi \cdot I_\alpha(t) \cdot \omega(t) \quad (5)$$

Из уравнения механического равновесия имеем:

$$P_{эм}(t) = M_{с\Sigma}(t) \cdot \omega(t) + \frac{d}{dt} \left(\frac{J_\Sigma(t) \cdot \omega(t)^2}{2} \right) \quad (6)$$

Подставив в выражение (4) выражение (5) с учетом (6) получим:

$$P_c(t) = I_\alpha(t)^2 \cdot R_{\alpha\Sigma} + L_{\alpha\Sigma} \frac{dI_\alpha(t)}{dt} \cdot I_\alpha(t) + M_{с\Sigma}(t) \cdot \omega(t) + \frac{d}{dt} \left(\frac{J_\Sigma(t) \cdot \omega(t)^2}{2} \right)$$

где $M_{с\Sigma}(t) \cdot \omega(t)$ – механическая мощность на валу.

Полученные уравнения энергетического баланса привода можно использовать в качестве исходных для энергодиагностики и определения реальных параметров схемы замещения.

3. Определение параметров ЭП.

Так как двигатель представляет электромеханическую систему, то наиболее рационально разделить определение электрических и механических параметров.

Период дискретности определяется схемой тиристорного

преобразователя и находится по формуле:
$$T_d = \frac{1}{m \cdot f_c}$$

где f_c – частота питающей сети; m – число условных фаз.

Исходными данными для определения электрических параметров являются кривые тока и напряжения якорной цепи машины.

Определение параметров производится на основе уравнения баланса мощности:

$$P_c(t) = I_\alpha(t)^2 \cdot R_{\alpha\Sigma} + L_{\alpha\Sigma} \frac{dI_\alpha(t)}{dt} \cdot I_\alpha(t) + \omega(t) \cdot k_\Phi \cdot I_\alpha(t)$$

В этом уравнении можно обозначить противо-ЭДС якоря:
$$E(t) = \omega(t) \cdot k_\Phi \quad (7)$$

Тогда уравнение можно записать в таком виде:

$$P_c(t) = I_\alpha(t)^2 \cdot R_{\alpha\Sigma} + L_{\alpha\Sigma} \frac{dI_\alpha(t)}{dt} \cdot I_\alpha(t) + E(t) \cdot I_\alpha(t) \quad (8)$$

Хотя параметры $R_{\alpha\Sigma}$ и $L_{\alpha\Sigma}$ не показаны в функции времени, но они также изменяются во времени. Однако изменение этих параметров во времени происходит достаточно медленно и на интервалах времени соизмеримыми с интервалом дискретности их можно считать постоянными величинами.

Противо-ЭДС ротора аппроксимируется степенным полиномом. Для аппроксимации используются полиномы степенью не выше 10 и не ниже 3.

$$E(t) = e_0 + \sum_{i=1}^n e_i \cdot t^i \quad (9)$$

Подставив в уравнение (8) уравнение (9) получим:

$$P_c(t) = I_\alpha(t)^2 \cdot R_{\alpha\Sigma} + L_{\alpha\Sigma} \frac{dI_\alpha(t)}{dt} \cdot I_\alpha(t) + e_0 \cdot I_\alpha(t) + \sum_{i=1}^n e_i \cdot t^i \cdot I_\alpha(t) \quad (10)$$

Измерения тока и напряжения производятся в m точках одного интервала дискретности.

На основе этих измерений можно составить систему уравнений, решение которой даст значения $R_{\alpha\Sigma}$ и $L_{\alpha\Sigma}$, а также коэффициенты полинома противо-ЭДС e_0, e_1, \dots, e_n .

Определение механических параметров машины представляет большие сложности, чем определение электрических параметров.

Механическими параметрами, которые подлежат определению, являются момент инерции ротора, момент сопротивления и электромеханический параметр – коэффициент потока машины. Их определение возможно из уравнения баланса мощности в механической части системы привода:

$$P_{эм}(t) = M_{с\Sigma}(t) \cdot \omega(t) + \frac{d}{dt} \left(\frac{J_{\Sigma}(t) \cdot \omega(t)^2}{2} \right)$$

Данное уравнение описывает наиболее общий случай, когда изменяются все параметры привода. С учетом достаточной малости периода дискретности и инерционности изменения параметров изменением этих параметров на интервале дискретности можно пренебречь.

Момент инерции на интервале дискретности принимается постоянным. Тогда уравнение примет вид:

$$P_{эм}(t) = M_{с\Sigma}(t) \cdot \omega(t) + J_{\Sigma} \frac{d\omega(t)}{dt} \omega(t) \quad (11)$$

Подставим в уравнение (11) выражение (7). Получим:

$$P_{эм}(t) = M_{с\Sigma}(t) \cdot \frac{E(t)}{k_{\Phi}} + \frac{J_{\Sigma}}{k_{\Phi}^2} \frac{dE(t)}{dt} E(t) \quad (12)$$

В уравнении (12) известны электромагнитная мощность и противо-ЭДС. Тогда разделив уравнение (12) на $E(t)$ получим:

$$\frac{P_{эм}(t)}{E(t)} = \frac{M_{с\Sigma}(t)}{k_{\Phi}} + \frac{J_{\Sigma}}{k_{\Phi}^2} \frac{dE(t)}{dt} \quad (13)$$

Однако данное уравнение не может дать однозначных решений для неизвестных величин, поэтому необходимо еще одно уравнение для определения их взаимосвязи:

$$P_{эм}(t) - M_{с\Sigma}(t) \cdot \omega(t) = J_{\Sigma} \frac{d\omega(t)}{dt} \omega(t) \quad (14)$$

$$P_{эм}(t) - M_{с\Sigma}(t) \cdot \frac{E(t)}{k_{\Phi}} = \frac{J_{\Sigma}}{k_{\Phi}^2} \frac{dE(t)}{dt} E(t) \quad (15)$$

Аналогично уравнение (15) разделим на $J_{\Sigma}E(t)/k_{\Phi}^2$.

$$\frac{P_{эм}(t) k_{\Phi}^2}{E(t) J_{\Sigma}} - M_{с\Sigma}(t) \cdot \frac{k_{\Phi}}{J_{\Sigma}} = \frac{dE(t)}{dt} \quad (16)$$

Из уравнений (13) и (16) можно построить две системы уравнений, из которых находятся соотношения неизвестных ве-

личин. Обозначим эти соотношения следующим образом:

$$a_1 = \frac{M_{cm}}{k_\Phi} \qquad a_2 = \frac{J_\Sigma}{k_\Phi^2} \qquad (17 - 18)$$

$$a_3 = \frac{M_{cm} \cdot k_\Phi}{J_\Sigma} \qquad a_4 = \frac{k_\Phi^2}{J_\Sigma} \qquad (19 - 20)$$

Из предварительной информации о системе привода известен диапазон изменения момента инерции привода J_{\min} и J_{\max} . Если предположить, что момент инерции известен, тогда можно однозначно определить момент сопротивления и коэффициент потока машины из выражений (17, 20).

$$k_\Phi = \sqrt{a_4 \cdot J_\Sigma} \qquad (21)$$

$$M_{cm} = a_1 \cdot k_\Phi \qquad (22)$$

Но так как значение момента инерции достоверно неизвестно, то для оценки ошибки определения момента инерции, момента сопротивления и потока необходимо сделать подстановку полученных значений в уравнение движения привода (12):

$$P_{ЭМ\text{ расчет}}(t) = M_{c\Sigma} \cdot \frac{E(t)}{k_\Phi} + \frac{J_\Sigma}{k_\Phi^2} \frac{dE(t)}{dt} E(t)$$

Дальше необходимо определить разность между истинным значением электромагнитной мощности и её расчетным значением $\varepsilon_P = P_{ЭМ} - P_{ЭМ\text{ расчет}}$ и в соответствии со значением ошибки скорректировать значение момента инерции.

Для поиска значений момента инерции, момента сопротивления и потока можно применить один из известных методов поиска экстремума функции нескольких переменных: метод координатного спуска, метод градиента или симплексный поиск.

Литература:

1. Бабак В.П., Хандецкий В.С., Е. Шрюфер. Обробка сигналів: Підручник. – К.: Либідь, 1996.
2. Ключев В.И. Теория электропривода: Учебник для ВУЗов. – М.: Энергоатомиздат, 1985.
3. Файнштейн В.Г., Файнштейн Э.Г. Микропроцессорные системы управления тиристорными электроприводами/ Под ред. О.В. Слежановского. – М.: Энергоатомиздат, 1986.

РЕВИЗИЯ ЗНАНИЙ КАК ПРОБЛЕМА НАУЧНОЙ ЭПИ- СТЕМОЛОГИИ

Я.В. Шрамко

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Основополагающим вопросом, на который должна ответить всякая теория познания, претендующая на адекватность, является вопрос о том, как возможно и каким образом осуществляется изменение нашего знания. Сам факт изменения несомненно имеет место, и проблема заключается в том, чтобы теоретически эксплицировать данный факт. Методологическая значимость этого вопроса обусловлена тем обстоятельством, что изменение знания означает не что иное, как его *развитие*, а именно вопрос о путях и способах развития нашего знания имеет центральное значение как для логики и методологии науки, так для общей эпистемологии.

Настоящая работа носит обзорный характер и имеет целью привлечь внимание читателя к новому перспективному направлению в современной теории познания, за которым в англоязычной литературе закрепилось название "*belief revision*".

Прежде всего представляется уместным уточнить некоторые ключевые термины, которые использованы в заглавии. Под "ре-визией" знания следует понимать его *пересмотр*. Очевидно, что время от времени в силу различных причин (например, в результате изменения нас самих или изменения окружающей нас действительности) мы подвергаем наши знания пересмотру с целью решить, какие из этих знаний устарели и должны быть отброшены, а какие нужно сохранить и, быть может, развить дальше. Таким образом, если мы хотим получить ответ на вопрос, как происходит изменение нашего знания, мы должны объяснить, каковы те правила и методы, по которым осуществляется его пересмотр. Второе, еще более важное уточнение относится к самому термину "знание". Очевидно, что ограничение сущностей образующих то, что может быть названо *эпистемическим состоянием* субъекта, только сферой знания, означало бы неоправданное сужение самого предмета теории познания. При построении тео-

ретической модели познавательной деятельности необходимо учитывать не только те ее результаты, которые обладают сто-процентной достоверностью и являются несомненно истинными (то есть, собственно знание), но также и все те положения, которые субъект только *считает истинными*. Совокупность таких положений может быть названо "мнением" субъекта (по тому или иному вопросу), или его "убеждениями". По-видимому, правильным будет предположить, что знания субъекта составляет собственное подмножество множества его убеждений. Здесь важно отвлечься от той эмоциональной окрашенности, с которой обычно связано употребление слова "убеждение" в обыденном (русском) языке (в таких словосочетаниях как "идейные убеждения", "стойкие убеждения" и т.п.). В контексте настоящей работы данный термин лишен какой бы то ни было этической или идеологической нагрузки и понимается исключительно в смысле "те положения, которые субъект в данный момент считает истинными". Учитывая, однако, то обстоятельство, что в некоторых случаях бывает крайне трудно полностью отвлечься от нежелательных ассоциаций эмоционально-этического характера, время от времени мы все-же будем употреблять термин "знание", придавая ему тот расширительный смысл, о котором речь шла выше.

Итак, далее речь пойдет о том, каким образом мы пересматриваем наши убеждения. При этом мы не будем затрагивать вопрос, *почему* мы это делаем. Вопрос о причинах, которые иногда побуждают нас пересмотреть (подвергнуть ревизии) то, во что мы ранее верили, выходит за рамки теории познания и не является собственно эпистемологическим вопросом. Также второстепенное значение для чистой теории познания имеет вопрос о той "действительности", к которой относятся наши знания. Вопрос о природе такого рода действительности равно как и вопрос о самом ее существовании представляет собой в сущности философски открытую проблему, которая вряд ли может быть решена окончательно. По крайней мере, она не может быть решена в рамках одной лишь теории познания. Поэтому при построении эпистемологических моделей целесообразно вообще не поднимать такого рода метафизические проблемы. Нас также не будут интересовать психолингвистические (или психофизические)

процессы, происходящие в голове субъекта когда он меняет свое мнение, и обеспечивающие психологический механизм такого изменения. Эпистемология рассматривает знания и убеждения субъекта как некоторое *объективированное знание*, как мир объективного содержания мышления ("третий мир" Карла Поппера). Понимаемое таким образом знание представляет собой некоторую (и довольно сильную) эпистемологическую идеализацию необходимую для создания когнитивной модели познавательной деятельности. При таком понимании, вопрос о конкретном материальном носителе убеждений перестает быть существенным и наличие человеческого мозга вообще не является обязательным. Такого рода знание может быть смоделировано как результат деятельности "идеального субъекта", например, как состояние компьютера или компьютерной программы.

Основными понятиями, образующими каркас рассматриваемой когнитивной модели, являются понятие "эпистемического состояния" и понятие "познавательной операции". Первое из этих понятий служит для представления возможного состояния познающего субъекта в некоторый момент времени. Мы предполагаем, что такого рода состояние является заданным, если нам известны все те положения, которые индивид принимает в данный момент времени, то есть, в истинности которых он убежден. Таким образом, эпистемическое состояние субъекта есть ни что иное как множество его убеждений. С логической точки зрения это множество может быть описано как некоторое множество высказываний (а именно, множество всех тех высказываний, относительно которых субъект *верит*, что они являются истинными). Важно отметить, что эпистемология имеет дело с *рациональным* субъектом, то есть, субъектом, познавательная деятельность которого организована рациональным образом. В этой связи возникает вопрос о том, когда субъект может считаться рациональным, а это есть вопрос о критериях рациональности, которым должны подчиняться эпистемические состояния субъекта. Обычно принимаются следующие два требования рациональности:

(1) Множество убеждений субъекта должно быть непротиворечивым.

(2) Субъект обязан принимать все логические следствия принимаемых им убеждений.

Убеждения, удовлетворяющие данным требованиям, считаются рациональными. Эти требования являются очевидно довольно сильными идеализациями. Так, например, в действительности убеждения субъекта иногда (а возможно и часто) могут противоречить друг другу. Мы однако считаем, что противоречивые убеждения не представляют особого теоретического интереса, поскольку не совсем ясно, каким образом такого рода убеждения могут быть подвергнуты рациональному анализу. Поэтому, если вдруг обнаруживается, что множество убеждений индивида является противоречивым, то такое положение дел считается ненормальным и рациональный индивид, в соответствии с требованием непротиворечивости, обязан предпринять все необходимые действия для устранения противоречия, или, по крайней мере, для его изоляции. Что касается второго требования, то его не следует понимать в том смысле, что субъект действительно *осознает* все логические следствия своих убеждений. Скорее, это требование отражает *эпистемические обязательства* рационального субъекта. Так, например, если индивид верит, что все люди смертны, а также верит, что Сократ человек, то тогда он *обязан* принять утверждение, что Сократ смертен, даже если он явным образом никогда не задумывался над этим последним вопросом. Если же этот индивид, вопреки своим первым двум убеждениям, будет отказываться принять истинность последнего утверждения, то такой индивид будет признан нами нерациональным (или иррациональным), что, очевидно, является вполне обоснованным.

Второе требование иногда формулируется еще и следующим образом:

(2') Множество убеждений субъекта должно быть *замкнуто* по отношению логического следования.

Формально это может быть представлено с помощью особой *операции замыкания* – *Cn*. Пусть X есть некоторое множество высказываний. Тогда $Cn(X)$ есть множество всех логических

следствий из X , которое называется *замыканием* X . Cn должна удовлетворять следующим стандартным условиям:

- (a) $X \subseteq Cn(X)$;
- (b) Если $X \subseteq Y$, то $Cn(X) \subseteq Cn(Y)$
- (c) $Cn(X) = Cn(Cn(X))$.

Используя операцию замыкания, мы вводим следующее понятие "системы убеждений":

Определение 1.

X есть (неабсурдная) *система убеждений* если и только если $X = Cn(X)$.

Следующее важное понятие – это понятие "познавательной операции" или "познавательного действия". Именно это понятие дает нам возможность отразить основные типы изменения наших систем убеждений. Пусть K есть некоторая система убеждений. Тогда относительно K возможны следующие познавательные операции, которые приводят к изменению K :

1. *Расширение*. Эта операция применяется, когда мы хотим расширить наши убеждения за счет добавления новых убеждений к уже имеющимся. При этом мы надеемся, что получающаяся в результате новая система убеждений является непротиворечивой, хотя одна лишь операция расширения знаний *сама по себе*, конечно, не может этого гарантировать. Обозначим операцию расширения знаний посредством "+". То есть, если K – имеющаяся система убеждений, а A – некоторое высказывание, то $K + A$ есть результат расширения K посредством высказывания A .

2. *Сокращение*. Эта операция применяется, когда мы считаем нужным отказаться от некоторого убеждения, то есть, когда мы удаляем это убеждение из нашей системы убеждений. Эта операция обозначается посредством "÷": $K \div A$ есть результат сокращения системы убеждений K за счет высказывания A .

3. *Ревизия*. Эта операция применяется, если мы пришли к необходимости признать истинность некоторого высказывания, которое является несовместимым с нашей прежней системой убеждений. В этом случае мы добавляем данное высказывание к

нашей системе убеждений, и одновременно осуществляем *пересмотр* (ревизию) наших старых убеждений с целью сделать их совместимыми с вновь принятым высказыванием. Если операцию ревизии обозначить посредством "*", то тогда $K * A$ будет результатом ревизии системы убеждений K относительно высказывания A .

Ни одна из этих познавательных операций не сводится к простому механическому однократному действию. Так, например, если мы расширяем имеющуюся систему убеждений за счет некоторого высказывания, недостаточно просто добавить это высказывание к множеству старых убеждений. Ведь то, что получится в результате, также должно быть системой убеждений, то есть по *определению 1* она должна быть замкнута по отношению логического следования. Иными словами, при добавлении нового убеждения к уже имеющимся, мы должны добавить сюда также и все логические следствия, которые отсюда вытекают. С другой стороны, если мы осуществляем сокращение наших знаний, недостаточно просто удалить некоторое высказывание из нашей системы убеждений. Дело в том, что мы должны также исключить и все те высказывания, из которых удаляемое высказывание логически следует, поскольку если этого не сделать, то удаляемое высказывание фактически вовсе не будет удалено, а неявным образом сохранится в системе убеждений. Далее, если два различных высказывания совместно влекут удаляемое убеждение, то одно из этих высказываний также должно быть удалено, и здесь мы оказываемся в ситуации выбора, который далеко не всегда является тривиальным.

Очевидно, что расширение и сокращение знания представляют собой в значительной степени *идеальные* познавательные действия, которые в чистом виде встречаются довольно редко. По-видимому наиболее типичной эпистемической операцией является ревизия, и процесс развития наших убеждений чаще всего происходит именно путем их пересмотра. В этой связи возникает интересный теоретический вопрос – является ли ревизия независимой познавательной операцией и нельзя ли попробовать свести ее к двум другим, то есть определить ревизию через расширение и сокращение. Оказывается, что такое сведение вполне возможно. По существу, операция ревизии представляет

собой некоторое комплексное действие, заключающееся в том, что мы должны (1) включить некоторое новое высказывание A в нашу систему убеждений и (2) принять все необходимые меры к тому, чтобы наша новая система убеждений была непротиворечивой. Первое из этих действий достигается путем *расширения* имеющейся системы убеждений за счет A , в то время как вторая цель может быть достигнута посредством *предварительного* удаления $\sim A$ (отрицание A) из нашей системы убеждений (*сокращение*). Иными словами, операция ревизии может быть эксплицирована как результат последовательного осуществления двух подопераций: (1) сокращение посредством $\sim A$ и (2) расширение за счет A . Таким образом, приходим к следующему определению, известному в литературе как "равенство Леви":

Определение 2.

$$K * A = (K \div \sim A) + A.$$

Это определение имеет очень большое эвристическое значение, поскольку с его принятием проблема теоретической экспликации процесса изменения наших знаний сводится к рассмотрению двух сравнительно простых познавательных операций - расширению и сокращению знаний. Рассмотрим первую из этих операций. Очевидно, что расширение можно довольно легко определить, используя аппарат теории множеств. А именно, если мы хотим расширить нашу систему убеждений K за счет высказывания A , мы должны "механически" добавить это высказывание к K (осуществить теоретико-множественное объединение), а затем замкнуть получившееся множество высказываний K посредством операции замыкания C_n :

Определение 3.

$$K + A = C_n(K \cup \{A\})$$

Посредством данного определения операция расширения знаний вводится однозначным образом, не оставляя пространства для различных ее толкований. А это значит, что вся проблема ревизии знаний фактически эквивалентна проблеме определения операции сокращения. Как ни парадоксально это звучит,

но если мы хотим получить ответ на вопрос о том, каким образом осуществляется изменение (а значит и развитие) нашего знания, мы должны ответить на вопрос, как происходит его сокращение. Принимая же оптимистическую точку зрения, в соответствии с которой в процессе развития знания происходит его *рост*, мы приходим к следующему кардинальному выводу: *проблема роста знания сводима к проблеме его сокращения*. И если бы нам удалось найти для этой операции такое же четкое определение, как определение 3, то тогда проблема теоретической экспликации развития знания была бы решена однозначным образом.

К сожалению (а может быть и к счастью) однозначно определить операцию сокращения не удастся. Основной причиной этого является отмеченная выше возможность "альтернативных ходов", неизбежное появление при осуществлении сокращения ситуации неопределенности, когда мы оказываемся перед выбором, какое из нескольких высказываний удалить из системы наших убеждений, а какое оставить, и при этом не существует никаких чисто логических предпочтений в пользу того или иного высказывания.

Остановимся кратко на некоторых возможных подходах к определению операции сокращения. Пусть X есть некоторое множество высказываний и A - некоторое высказывание. Определим множество $X \perp A$ (читается "X без A") как множество всех максимальных подмножеств X , таких что они не влекут A . Формально:

Определение 4.

$Y \in X \perp A \Leftrightarrow$ (1) $Y \subseteq X$;

(2) $A \notin Cn(Y)$;

(3) не существует множества Y' такого, что:

$Y \subset Y' \subseteq X$ и $A \notin Cn(Y')$.

Теперь можно было бы попробовать определить результат сокращения некоторой системы убеждений K посредством высказывания A как пересечение *всех* элементов принадлежащих множеству $K \perp A$:

Определение 5.

$$K \div A = \cap (K \perp A)$$

Определенная таким образом операция сокращения получила в литературе название "сокращение полного пересечения". Нетрудно видеть, что такого рода операция является излишне "перестраховочной", она требует удалять из наших убеждений *слишком* многое, даже если мы этого не хотим. Например, если мы стоим перед выбором - отказаться от одного из каких-либо двух высказываний, то сокращение полного пересечения требует от нас удалить *оба* эти высказывания, что далеко не всегда представляется оправданным. Более того, легко может быть доказана следующая лемма:

Лемма 1. (Алчуррон и Макинсон)

Если " \div " есть сокращение полного пересечения и $A \in K$, то имеем:

$$B \in K \div A \Leftrightarrow B \in K \text{ и } B \in Cn(\sim A)$$

Доказательство:

Доказательство предоставляется любознательному читателю в качестве упражнения.



Иными словами, результатом сокращения наших убеждений в соответствии с определением 5 будет лишь множество тех убеждений, которые логически следуют из одного только высказывания $\sim A$! Ясно, что такое сокращение не может быть признано удачным.

Другое возможное предложение заключается в том, чтобы выбрать из множества $K \perp A$ *один* элемент и рассмотреть его как результат применения операции сокращения. Это значит, что мы вводим на множестве $K \perp A$ некоторую *функцию выбора*, скажем δ , которая выбирает из этого множества ровно один элемент — $\delta(K \perp A)$ для каждого A . Тогда имеем следующее определение, посредством которого вводится так называемое "сокращение максимального выбора":

Определение 6.

$$K \div A = \delta(K \perp A)$$

Сокращение максимального выбора также имеет существенный недостаток – оно не оставляет возможности действовать достаточно осторожно. Так, если мы находимся перед выбором – удалить либо высказывание A , либо – высказывание B и при этом не имеем абсолютно никаких резонов предпочесть одно из этих высказываний, может оказаться полезным отбросить оба эти высказывания, чтобы быть полностью уверенным в наших убеждениях. Например, пусть мы полагали, что госпожа Иванова имеет ровно два ребенка – мальчика и девочку, а затем узнали, что на самом деле ребенок у Ивановой только один, при этом о поле ребенка ничего не было сказано. Естественно, мы не можем сохранить оба имевшиеся ранее у нас убеждения "Иванова имеет мальчика" и "Иванова имеет девочку". И хотя "объективно" одно из этих высказываний является истинным, но, поскольку мы не получили достаточно точной информации, будет разумным отбросить (по крайней мере пока, до получения необходимых уточняющих данных) *оба* эти убеждения и признать, что мы не уверены ни в том, что госпожа Иванова имеет мальчика, ни в том, что она имеет девочку. Такого рода стратегия к сожалению оказывается невозможной в рамках определения 6.

Более разумным представляется следующий путь. Мы вводим на множестве $K \perp A$ некоторую *функцию предпочтения*, скажем γ , которая отбирает те элементы этого множества, которые являются более "предпочтительными", более "достойны сохранения", по сравнению с остальными множествами убеждений. Результатом сокращения будет тогда пересечение всех элементов из $\gamma(K \perp A)$. Это есть "сокращение частичного пересечения".

Определение 7.

Если $K \perp A$ непусто, то $\gamma(K \perp A) \subseteq K \perp A$ и $K \perp A$ также непусто;

Если $K \perp A$ пусто, то $\gamma(K \perp A) = \{K\}$.

Определение 8.

$$K \div A = \cap \gamma(K \perp A)$$

Нетрудно видеть, что сокращения полного пересечения и максимального выбора суть частные случаи сокращения частичного пересечения. Оказывается также, что свойства данной операции могут быть охарактеризованы посредством некоторого набора постулатов, которые должны для нее выполняться. Иными словами, операция частичного сокращения допускает построение определенной аксиоматической теории. Опишем кратко эти постулаты:

1. "*Постулат замыкания*" (closure): если K является системой убеждений, то $K \div A$ также есть система убеждений.

(Иными словами, $K \div A$ должно быть замкнуто по отношению логического следования, если таковым является само K .)

2. "*Постулат успеха*" (success): если $A \notin Cn(\emptyset)$, то $A \notin K \div A$.

(Успех сокращения очевидно заключается в том, что удаляемое высказывание не должно принадлежать результирующей системе убеждений. Однако, сокращение не может быть успешным, если мы попытаемся удалить из наших убеждений логически истинное высказывание (то есть закон логики). Тот факт, что высказывание A является логической теоремой можно обозначить посредством $A \in Cn(\emptyset)$, поэтому постулат успеха имеет в качестве условия требование, что A не является теоремой логики.)

3. "*Постулат включения*" (inclusion): $K \div A \subseteq K$

(Получившаяся в результате сокращения система убеждений должна составлять подмножество исходной системы убеждений.)

4. "*Постулат пустоты*" (vacuity): если $A \notin K$, то $K \div A = K$.

(Если мы попытаемся "удалить" из нашей системы убеждений высказывание, которое в действительности вовсе не принадлежит этой системе, то наша система убеждений просто останется без изменения – никакого сокращения не произойдет.)

5. "Постулат восстановления" (recovery): $K \subseteq (K \div A) + A$.

(В соответствии с этим постулатом, *все* наши знания должны быть восстановлены, если мы вначале сократим систему убеждений посредством высказывания A , а затем возвратим A в нашу систему убеждений.)

6. "Постулат экстенциональности" (extensionality): если $A \leftrightarrow B \subseteq \text{Cn}(\emptyset)$, то $K \div A = K \div B$.

И в заключение может быть сформулирована важная репрезентационная теорема:

Теорема 1. (Алчуррон, Герденфорс, Макинсон)

Операция " \div " есть сокращение частичного пересечения, если и только если для него выполняются постулаты 1 – 6.

Доказательство:

Доказательство не представляет особенных затруднений.

■

Литература:

1. Alchourron, C. E., P. Gärdenfors and D. Makinson. On the Logic of Theory Change: Partial Meet Contraction and Revision Functions, *Journal of Symbolic Logic*, 50, 1985, pp. 510 - 530
2. P. Gärdenfors. *Knowledge in Flux. Modeling the Dynamics of Epistemic States*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1988
3. H. Rott. Two methods of Constructing Contractions and Revisions of Knowledge Systems, *Journal of Philosophical Logic*, 20, 1991, pp. 149 - 173

ФІЗИЧНІ МОДЕЛІ В КУРСІ “ОСНОВИ КОМП’ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ”

І.О. Теплицький

м. Кривий Ріг, Центральньо-Міська гімназія

Огляд методичної літератури з комп’ютерного моделювання показує існування різних підходів до його викладання у середній та вищій школі. Загальноприйнятим є підхід, при якому побудова моделей здійснюється з використанням апарату вищої математики, яким володіють переважно студенти старших курсів. Це зумовлює перенесення курсу «Методи математичного моделювання» на 7-8, а іноді і на 9-10 семестри, що знижує його роль у формуванні світогляду майбутнього спеціаліста, яке відбувається у старших класах школи та на молодших курсах вузу.

Такий стан справ змусив вдатися до створення пропедевтичного курсу «Основи комп’ютерного моделювання», який було розроблено спільними зусиллями кафедри інформатики та прикладної математики Криворізького педуніверситету та кафедри інформатики Центральньо-Міської гімназії м. Кривого Рогу. Методичним забезпеченням курсу є навчальний посібник, призначений для учнів старших класів школи та студентів молодших курсів вузу. Концепція курсу та результати його апробації було викладено у працях [1,2].

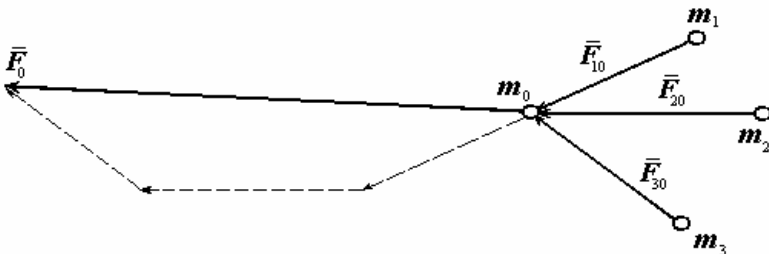
При створенні посібника однією з основних задач був підбір змістовних моделей, побудова яких не вимагає від учнів знань, що виходять за межі шкільної програми. Основна увага при вивченні моделей приділена технології моделювання. Кожна модель передбачає не менше трьох версій, що поступово ускладнюються. Робота починається з аналізу досліджуваного предмета (явища), виділення його суттєвих (з точки зору дослідника) якостей, що призводить до висунення певних спрощуючих припущень. Далі, на основі висунутих припущень, відбувається формалізація моделі – запис сформульованих залежностей у вигляді математичних співвідношень. Обчислювальний експеримент – один з основних етапів роботи з побудованою моделлю, який дозволяє, змінюючи її параметри, отримати уявлення про поведінку

досліджуваного об'єкта у різних ситуаціях та зробити певні висновки щодо її адекватності.

Суттєвим є питання про вибір середовища для моделювання, яке повинне давати можливість відстежувати результати моделювання як у числовій (у вигляді часових рядів), так і у графічній формі (у вигляді графіків залежностей обчислюваних величин). Традиційно таким середовищем є програми, написані однією з мов високого рівня, проте для пропедевтичного курсу, яким є наш, цілком прийнятним середовищем є електронні таблиці, які дозволяють, не відволікаючись на інтерфейс користувача, сконцентруватися безпосередньо на роботі з моделлю.

Чильне місце в обговорюваному курсі посідають динамічні моделі з шкільного курсу фізики, що описуються законами Ньютона. Відомо, що велику кількість динамічних задач засобами елементарної математики аналітично розв'язати неможливо. Проте чисельне розв'язання – методом скінченних різниць – для школярів цілком доступне і не викликає утруднень. Р. Фейнман, піонер використання такого підходу для роботи з молодшими студентами, на своїх лекціях використовував саме таблиці, які «є, звичайно, просто зручною формою запису результатів, отриманих з рівнянь, і фактично повністю замінюють їх» [3]. Однією з задач, яку він пропонував студентам, був рух планети навколо центрального тіла. Розглянемо її реалізацію у електронних таблицях.

Нехай наша система складається з чотирьох тіл з масами m_0 , m_1 , m_2 та m_3 відповідно (мал. 1).



Мал. 1

Згідно закону всесвітнього тяжіння, сила, що діє на тіло з масою m_i з боку всіх інших, дорівнює векторній сумі парних взаємодій:

$$\mathbf{F}_i = \sum_{\substack{j \\ (i \neq j)}} \mathbf{F}_{ji} = \sum_{\substack{j \\ (i \neq j)}} G \frac{m_j m_i}{r_{ji}^3} \mathbf{r}_{ji} = G m_i \sum_{\substack{j \\ (i \neq j)}} \frac{m_j}{r_{ji}^3} \mathbf{r}_{ji} \quad (1)$$

Ця сила, згідно другого закону Ньютона, надає тілу прискорення:

$$\mathbf{F}_i = m_i \mathbf{a}_i \quad (2)$$

Прирівнюючи формули (1) та (2), отримуємо формулу для визначення прискорення:

$$m_i \mathbf{a}_i = G m_i \sum_{\substack{j \\ (i \neq j)}} \frac{m_j}{r_{ji}^3} \mathbf{r}_{ji} \Rightarrow \mathbf{a}_i = G \sum_{\substack{j \\ (i \neq j)}} \frac{m_j}{r_{ji}^3} \mathbf{r}_{ji} \quad (3)$$

Зауважимо, що у нашому випадку ми, взагалі кажучи, не можемо користуватися класичними формулами для визначення швидкості та координати, бо, згідно (3), прискорення залежить від координати, тобто *рух тіла під дією сили тяжіння не є рівноприскореним*. Як можна подолати цю перешкоду? Скористаємося чисельним методом – розіб'ємо весь час руху тіла на дуже малі проміжки і будемо вважати, що на кожному з цих елементарних проміжків прискорення є постійним.

Нехай на початку руху i -ге тіло має координати (x_{i0}, y_{i0}) , прискорення \mathbf{a}_{i0} та швидкість \mathbf{v}_{i0} . Наприкінці першого проміжку часу тіло набуде прискорення \mathbf{a}_{i1} за (3); його швидкість обчислюватиметься за формулою:

$$\mathbf{v}_{i1} = \mathbf{v}_{i0} + \mathbf{a}_{i0} \Delta t \quad (4)$$

Знаючи швидкість, ми можемо обчислити нові координати тіла:

$$\begin{aligned} x_{i1} &= x_{i0} + v_{i1x} \Delta t \\ y_{i1} &= y_{i0} + v_{i1y} \Delta t \end{aligned} \quad (5)$$

Змінюючи i , визначаємо прискорення, координати та швидкості всіх інших тіл наприкінці першого проміжку часу. Повторюючи цю процедуру, ми врешті-решт одержимо їх координати, дискретизовані проміжком часу Δt , що дасть нам змогу побудувати графіки їх руху. Для тестування візьмемо спочатку лише два тіла, а далі вдосконалюватимемо нашу модель, поступово

вводячи до розгляду інші тіла.

Отже, ми можемо записати остаточний

АЛГОРИТМ РОБОТИ З МОДЕЛЛЮ:

1. Створимо електронну таблицю за таким зразком:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	a_{1x}	a_{1y}	a_{2x}	a_{2y}	v_{1x}	v_{1y}	v_{2x}	v_{2y}	x_1	y_1	x_2	y_2	<i>Да-</i>	
2													<i>но:</i>	
3													$G=$	
4													$\Delta t=$	
5													$m_1=$	
6													$m_2=$	
7													$v_{1x0}=$	
8													$v_{1y0}=$	
9													$v_{2x0}=$	
10													$v_{2y0}=$	
11													$x_{10}=$	
12													$y_{10}=$	
13													$x_{20}=$	
14													$y_{20}=$	

2. Занесемо у другий рядок початкові дані:

<i>комірки</i>	<i>формули / числа</i>
A2	$=\$N\$2*\$N\$5*(K2-I2)/\text{СТЕПЕНЬ}(\text{КОРЕНЬ}((K2-I2)^2+(L2-J2)^2);3)$
B2	$=\$N\$2*\$N\$5*(L2-J2)/\text{СТЕПЕНЬ}(\text{КОРЕНЬ}((K2-I2)^2+(L2-J2)^2);3)$
C2	$=\$N\$2*\$N\$4*(I2-K2)/\text{СТЕПЕНЬ}(\text{КОРЕНЬ}((K2-I2)^2+(L2-J2)^2);3)$
D2	$=\$N\$2*\$N\$4*(J2-L2)/\text{СТЕПЕНЬ}(\text{КОРЕНЬ}((K2-I2)^2+(L2-J2)^2);3)$
E2	$=\$N\6
F2	$=\$N\7
G2	$=\$N\8
H2	$=\$N\9
I2	$=\$N\10
J2	$=\$N\11
K2	$=\$N\12
L2	$=\$N\13

В комірки E2-L2 ми переносимо значення із стовбчика «Дано», а в A2-D2 заносимо формули для обчислення проєкцій при скорення тіл згідно (3).

3. У третій рядок в комірки A3-D3 скопіюємо вміст комірок A2-D2, а комірки E3-L3 модифікуємо відповідно до формул (4) та (5):

<i>комірки</i>	<i>формули / числа</i>
E3	=E2+A2*\$N\$3
F3	=F2+B2*\$N\$3
G3	=G2+C2*\$N\$3
H3	=H2+D2*\$N\$3
I3	=I2+E3*\$N\$3
J3	=J2+F3*\$N\$3
K3	=K2+G3*\$N\$3
L3	=L2+H3*\$N\$3

4. Скопіювати третій рядок у наступні рядки (їх кількість добиратимемо експериментально).

Далі ми можемо розпочати

ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ:

Введемо такі початкові дані: $G=1$; $\Delta t=0,01$; $m_1=10$; $m_2=8$; $v_{1x0}=0$; $v_{1y0}=0$; $v_{2x0}=2,2$; $v_{2y0}=0,1$; $x_{10}=0$; $y_{10}=0$; $x_{20}=1$; $y_{20}=1$ (мал. 2). Легко побачити, що їх вибір нічим не зумовлений, проте для тестування моделі цього цілком достатньо. Зауважимо, що при виборі слід звернути увагу на час дискретизації – він не повинен бути занадто великим (при цьому алгоритм, що включає в себе різницеву схему, втратить стійкість – чим більше проміжок, тим менш достовірні результати), проте і занадто малим його робити не слід – нам буде заважати не лише величезна кількість рядків, які нам треба буде скопіювати, а й постійно зростаюча в операціях сумування похибка округлення.

Microsoft Excel - Задача двух тіл-1.xls

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервіс Данніе Окно ?

Times New Roman Cyr 12 Ж К У

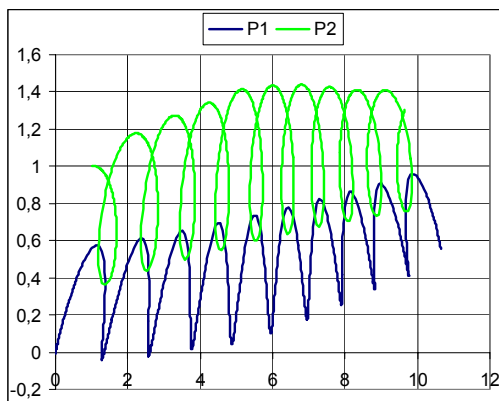
D8 = \$N\$2*\$N\$4*(J8-L8)/СТЕПЕНЬ(КОРЕНЬ((K8-L8)^2+(L8-J8)^2),3)

D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1	a_{2y}	v_{1x}	v_{1y}	v_{2x}	v_{2y}	x_1	y_1	x_2	y_2	Дано:
2	-3,53553	0	0	2,2	0,1	0	0	1	1	$G = 1$
3	-3,42346	0,02828	0,02828	2,16464	0,06464	0,00028	0,00028	1,02165	1,000646	$\Delta t = 0,01$
4	-3,31908	0,05625	0,05567	2,12969	0,03041	0,00085	0,00084	1,04294	1,000951	$m_1 = 10$
5	-3,2217	0,08391	0,08222	2,09511	-0,0028	-0,00168	0,00166	1,06389	1,000923	$m_2 = 8$
6	-3,13071	0,11131	0,108	2,06086	-0,035	-0,0028	0,00274	1,0845	1,000573	$v_{1x0} = 0$
7	-3,04558	0,13846	0,13304	2,02692	-0,0663	0,00418	0,00407	1,10477	0,99991	$v_{1y0} = 0$
8	-2,9658	0,16539	0,15741	1,99326	-0,0968	0,00584	0,00565	1,1247	0,998942	$v_{2x0} = 2,2$
9	-2,89095	0,19212	0,18113	1,95986	-0,1264	0,00776	0,00746	1,1443	0,997678	$v_{2y0} = 0,1$
10	-2,82065	0,21866	0,20426	1,92667	-0,1553	0,00994	0,0095	1,16357	0,996125	$x_{10} = 0$
11	-2,75453	0,24505	0,22683	1,89369	-0,1835	0,01239	0,01177	1,18251	0,994289	$y_{10} = 0$
12	-2,6923	0,27129	0,24886	1,86089	-0,2111	0,01511	0,01426	1,20112	0,992178	$x_{20} = 1$
13	-2,63366	0,29741	0,2704	1,82824	-0,238	0,01808	0,01696	1,2194	0,989798	$y_{20} = 1$
14	-2,57836	0,32343	0,29147	1,79571	-0,2643	0,02132	0,01988	1,23736	0,987155	
15	-2,52616	0,34936	0,3121	1,7633	-0,2901	0,02481	0,023	1,25499	0,984254	
16	-2,47686	0,37522	0,33231	1,73097	-0,3154	0,02856	0,02632	1,2723	0,9811	
17	-2,43026	0,40103	0,35212	1,69871	-0,3402	0,03257	0,02984	1,28929	0,977698	

Готово

Мал. 2

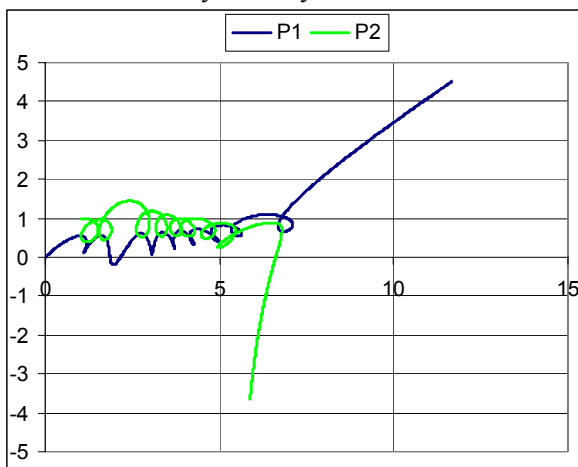
На мал. 3 – графік руху тіл, отриманий при введених початкових даних:



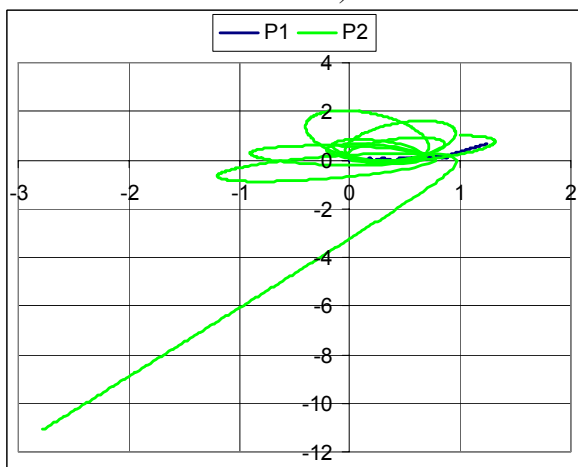
Мал. 3

Проведемо
АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ:

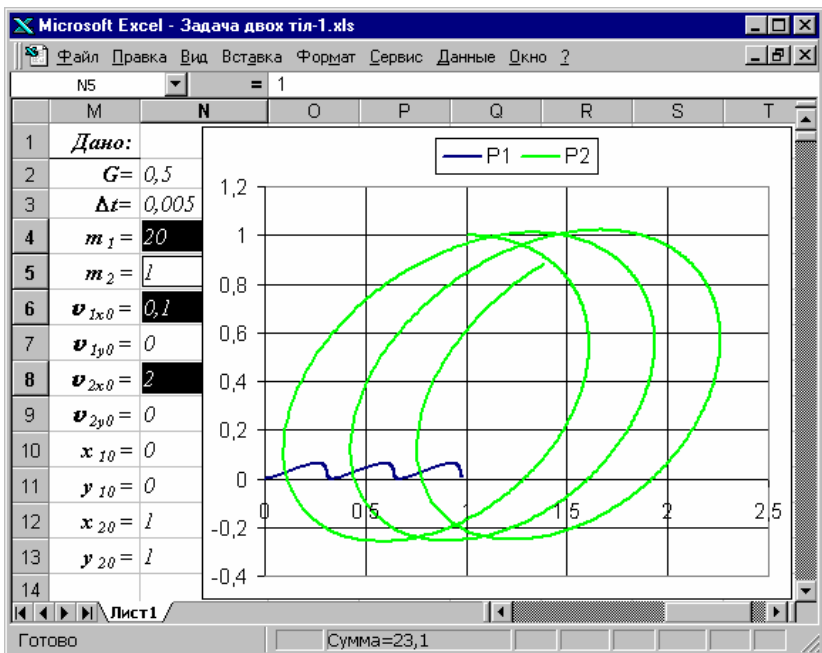
З малюнка видно, що тіла дійсно рухаються згідно закону всесвітнього тяжіння: хоча траєкторія їх спільного руху і звивиста, проте можна побачити, що у моменти зближення прискорення, відповідно до закону всесвітнього тяжіння, збільшується, що, у свою чергу, призводить до різкого збільшення швидкості. Тіла «розлітаються», але із збільшенням відстані прискорення зменшується до 0, аж поки не змінює свій знак. Цей факт означає, що тіла повинні знову зближуватися і т.д.



Мал. 4 а)



Мал. 4 б)



Мал. 5

Поставимо питання:

1. А що буде, якщо тіла занадто зблизяться? Якщо їх маси співрозмірні, то вони на великій швидкості віддалятимуться одне від одного у нескінченність (мал. 4а), якщо ж ми маємо справу з системою планета-супутник, то супутник передасть свій імпульс планеті і вирветься з її «гравітаційних об'ємів» (мал. 4б).

2. Які початкові умови треба задати, щоб тіла рухались у одному напрямку? Для відповіді на це питання скористаємося законом збереження імпульсу: задамо початкові дані такими, щоб виконувалося, наприклад, співвідношення:

$$m_1 v_{1x0} = m_2 v_{2x0}.$$

Результати підтверджують нашу здогадку (мал. 5).

Незважаючи на довільність вихідних даних, під час тестування ми впевнилися у *якісній відповідності* нашої моделі припущенням, покладеним у її основу (якими у нашому випадку виступають закони динаміки). Завдяки використанню зручного середовища для моделювання, у обчислювальному експерименті ми з легкістю змінювали параметри моделі, миттєво отримуючи

результати. І, нарешті, наявність зручного засобу візуалізації результатів моделювання дозволило нам провести аналіз експерименту і скорегувати початкові дані у відповідності до тих результатів, які ми хотіли отримати.

Література:

1. Соловйов В.М., Семеріков С.О., Теплицький І.О. Основи комп'ютерного моделювання в середній школі та педагогічному вузі. // Збірник науково-практичних матеріалів Всеукраїнської конференції в 3-х частинах. Частина 2. – Дніпропетровськ, 1998. – 216 с., с. 53-56.
2. Теплицький І.О., Семеріков С.О. Вивчення фрактальних кластерів за допомогою імітаційних комп'ютерних моделей. // Збірник наукових праць Східноукраїнського держ. університету. – Луганськ: Вид-во СУДУ, 1998. – 302 с., с. 276-289.
3. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. – М.: Мир, 1976. – Т. 1-2. – 440 с., с. 170.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЙ В ИЕРАРХИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ

Е.Я. Глушко, В.Н. Евтеев

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Теоретические исследования возможностей конструирования полупроводниковых материалов с заданной электронной структурой и оптическими свойствами представляют собой важное звено в развитии новейших технологий. В данной работе мы рассмотрим возможность построения иерархической структуры в слоистом полупроводниковом материале. В качестве конструктивных элементов, из которых мы будем строить структуры, выступают слои полупроводниковых материалов с разными значениями сродства к электрону. Рассмотрим иерархическую структуру имеющую три-мальную иерархию. Ее можно описать следующей формулой

$C...BBBAAABAABAABAABBAABAABBAABAABAABAABBB...C \cdot$

Здесь C означает материал внешних границ, A – слой материала с большей энергией сродства к электрону, B – аналогичный слой с меньшим сродством к электрону. Скобками отмечены уровни иерархии. Такое расположение слоев задает иерархическую структуру потенциала, в котором движется электрон, что, в свою очередь приводит к энергетическому спектру, обладающему очень важным свойством самоподобия. Например, каждая из трех групп уровней распадается на три группы уровней, каждая из которых, в свою очередь, распадается на три других и так далее. На рисунке представлены фрагменты линейчатого спектра, соответствующие уровням иерархии. Похожий характер самоподобия имеют Фибоначчиевы структуры [1,2], но в отличие от три-мальной иерархии в среднюю полосу разбиения попадает иное число уровней, чем в крайние, что обусловлено рекуррентной формулой для последовательности Фибоначчи. Исследования указывают на наличие четко выраженной инверсной взаимосвязи между иерархией потенциала и иерархией энергии

тического спектра. Так, изменения, вносимые в самом низшем уровне иерархии потенциала (атомные потенциальные ямы) проявляются в самом старшем уровне иерархии, отвечающему крупномасштабной структуре спектра, и не сказываются на остальных уровнях иерархии. Количество уровней иерархии спектра и потенциала совпадает. И наоборот, изменения в старшем уровне иерархии потенциала сказывается лишь на наинизшем иерархическом уровне спектра. В конечной структуре старшему уровню иерархии соответствуют внешние границы, что обуславливает дискретность спектра. В промежуточном случае модификация k -го иерархического уровня потенциала влияет на лишь на $(n-k+1)$ иерархию спектра.

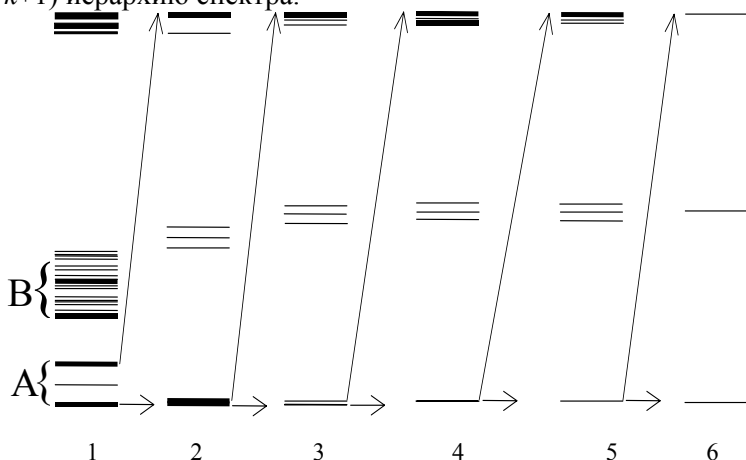


Рис. Линейчатый спектр рассчитанной три-мальной структуры. В колонках 1-6 представлены фрагменты с последовательным увеличением разрешения. Колонка 1 соответствует спектру всей структуры. Стрелки указывают на изменение энергетического диапазона от колонки к колонке. Группы уровней А и В отвечают состояниям с волновыми функциями локализованными, соответственно, в слоях А и В.

Литература:

1. В. Sutherland, М. Kohmoto Phys. Rev. 1987. V. В 36. № 11. p. 5877-5885.
2. Глушко Е.Я., Евтеев В.Н. Расчет иерархической сверхрешетки PbS-C в полямной модели. ФТП 1997, Т 31, № 7. с. 889-891.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕРФЕЙСНЫХ СОСТОЯНИЙ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ГЕТЕРОКОНТАКТАХ

Е.Я. Глушко, Е.В. Журавель, И.Л. Линчук
г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Интерфейсные состояния – локальные состояния, возникающие на контакте полупроводниковых материалов, играют важную роль в формировании свойств слоистых структур. Ярким примером использования контактных гетеропереходов являются инжекционные лазеры, созданные учеными из Bell Laboratories [1]. Генерирующая часть такого лазера представляет собой 25-периодную систему активной области и области "сброса", а активной областью являются гетеропереходы. Существование интерфейсных состояний на гетеропереходе существенным образом влияет на работу лазера. В настоящей работе предложена δ -функциональная модель гетероконтакта, в которой атом представляется потенциальной ямой, окруженной бесконечно высокими и бесконечно узкими потенциальными барьерами с непроницаемостью Ω [2]. Расчеты производились с использованием компьютерного конструктора иерархических систем (АКИС), позволяющего создавать и рассчитывать различные 1D потенциальные структуры. Ширина ямы бралась порядка 4\AA , барьера – $0,001\text{\AA}$, высоты барьеров варьировались в пределах $500\div 2000\text{эВ}$, что позволяло с довольно высокой точностью приближаться к δ -функциональному виду потенциала. Исследование показало, что в случае «идеального» контакта, когда граница перехода резкая (рис. 1, а), интерфейсные состояния не наблюдаются. В случае неидеальных соприкасающихся поверхностей, а также из-за взаимного влияния атомов одного полупроводникового материала на другой, эта граница сглаживается, появляется переходной слой (рис. 1, б). Спектр потенциала Дирака обладает характерным свойством – верхняя граница зоны проводимости остается постоянной при различных непроницаемостях барьеров и задает атомное сродство к электрону χ_∞ в модели данного материала, когда $\Omega \rightarrow \infty$. Кроме того, потолок зоны кратен $\pi^2 E_0$. Соответствующая $E\Omega$ -диаграмма [2,3], приведена на рис.2. Нижняя

граница зоны в рассмотренной модели задает χ -средство материала к электрону. Величины сродства χ , χ_∞ приводятся в справочной литературе (см. напр. [5]). Знание электронного сродства позволяет получить два других параметра δ -модели материала – глубину потенциальной ямы U_0 и непроницаемость Ω .

$$U_0 = \pi^2 E_0 + \chi_\infty / 3 \quad (1)$$

$$\Omega a = ka \operatorname{tg}(ka/2) \quad (2)$$

где $ka = (\pi^2 + (\chi_\infty - \chi)/3)$, $E_0 = \hbar^2/2ma^2$ – единица измерения энергии, $a = d - b \approx d$ – ширина ямы, d – постоянная решетки, b – ширина барьера.

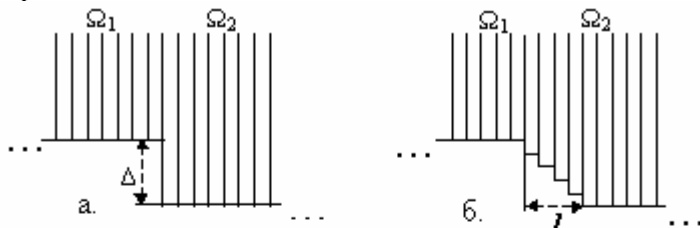


Рис.1 Схема гетероконтакта в δ -модели. Ω_1 и Ω_2 – непроницаемости барьеров первого и второго материалов; а) резкая граница раздела, б) конечная толщина переходного слоя

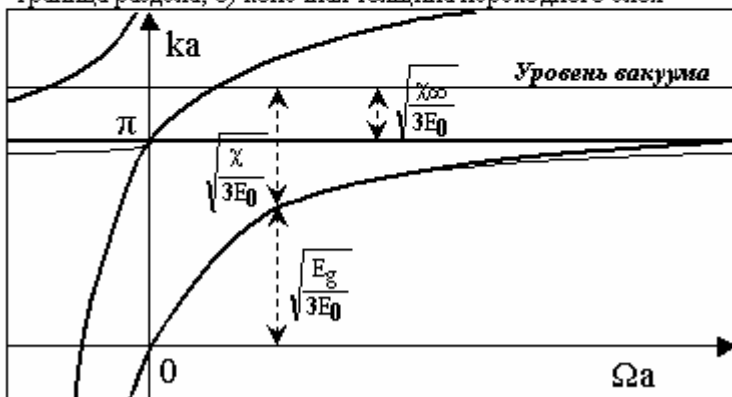


Рис.2 $E\Omega$ -диаграмма. Зависимость $ka = \sqrt{E/E_0}$ от непроницаемости Ωa

В отличие от элементарных полупроводников, для многих бинарных соединений сродство элементарной ячейки к электрону не приводится в литературе. Однако, его можно рассчитать исходя из эмпирического закона Вегарда, зная электронное

сродство элементов входящих в соединение $\langle \chi_A, \chi_B \rangle$ и степень ионности связи f_i :

$$\chi_{\infty} = \chi_A(1 - f_i) + \chi_B f_i \quad (3)$$

Использованные в процессе исследований данные приводятся в сводной таблице. Рассчитанные на основе модели величины обозначены в таблице (**).

После того, как необходимые характеристики материалов получены из (1),(2) и соответствующие им модели созданы средствами АКИС, на контакте моделируется переход, в котором потенциалы ячеек изменяются от U_{01} первого материала до U_{02} второго материала по линейному закону. Расчеты показали, что в системе возникают состояния, локализованные на переходе. Появление интерфейсных состояний определяется двумя параметрами системы: разностью Δ , которая для материалов с близкими постоянными решеток мало отличается от разности атомного сродства к электрону первого и второго материалов, и от разности непроницаемостей барьеров. Возрастание величины Δ приводило к уменьшению порогового значения разности непроницаемостей, и наоборот, чем меньшим было Δ , тем большим оказывалось пороговое значение разности непроницаемостей. Зависимости интерфейсных состояний от толщины переходного слоя выявить не удалось. Толщина переходного слоя варьировалась от 1 до 8-10 атомов. Оказалось, что при достаточном соотношении непроницаемость- Δ интерфейсное состояние возникает при наличии хотя бы одной ячейки в переходном слое. Расчеты с использованием АКИС выявили существование так называемых квазилокальных состояний, промежуточных между зонными и локальными. В области, где зона первого и второго материалов перекрываются, отщепившиеся от одной зоны интерфейсные состояния гибридизируются с зонными состояниями. При определенных условиях образуются смешанные состояния, которые по внешнему виду являются зонными (сквозные волновые функции), но основная плотность состояний приходится на область гетероконтакта, что их роднит с локальными состояниями. Пример одного из них можно видеть на рис.3.

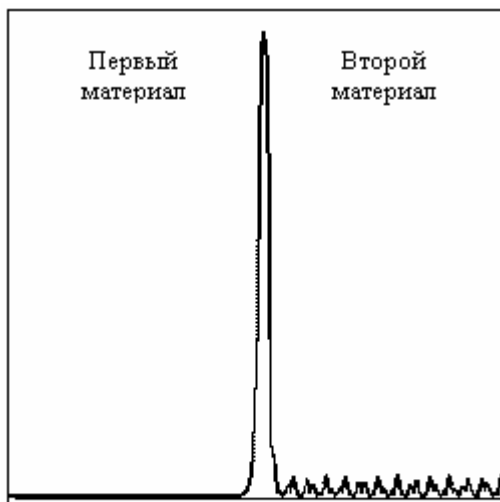


Рис.3 Квадрат волновой функции квазилокального состояния. Количество ячеек (атомов) – 204, Δ – 1.5 эВ, разность сродства атомов к электрону – 500эВ.

Рассмотренная модель гетероконтакта позволяет выявить закономерности появления интерфейсных состояний. Они возникают только при наличии переходного слоя и зависят от разности непроницаемостей и разности сродства атома к электрону контактирующих материалов, причем толщина переходного слоя на состояния не влияет. Эти закономерности важны для объяснения свойств лазерных структур на эффекте электронного конфайнмента [1]. Изучение условий возникновения интерфейсных состояний в гетеропереходах дает возможность моделировать такую лазерную структуру, при которой работа лазера будет наиболее эффективна. Проблема моделирования подобных лазерных структур на данный момент времени актуальна, так как инжекционные лазеры на сегодняшний день являются единственными источниками света для передачи оптической информации по волоконным линиям связи.

Бинарные полупроводники. Результаты δ -потенциальной модели.

Вещество	Электронное сродство, χ , эВ экспер.	Потенциал ионизации элементарной ячейки, $U = \chi - \chi_{\infty} + A_{\text{выл}}$, $\langle U_A, U_B \rangle$, эВ	Сродство к элементарной ячейке, χ_{∞} , эВ расчет $\langle \chi_A, \chi_B \rangle$, эксп. $\chi_{\infty} = \chi_A (1 - f_i) + \chi_B f_i$	Степень ионности, f_i $f_i = \frac{U_B - U}{U_B - U_A}$		Непроницаемость барьера Ω_a
				расч.		
β -SiC куб, $a = 4.36 \text{ \AA}$, $d = 1.88 \text{ \AA}$	4.8	$\langle 8.1517, 11.26 \rangle$ 10.43	$\langle 1.39, 1.263 \rangle$ 1.371	0.267	0.15	3,3529
GaAs Куб, $a = 5.69 \text{ \AA}$, $d = 2.45 \text{ \AA}$	4.1	$\langle 8.02-8.77 \rangle^{**}$, 9.14* $\langle 6.0, 9.789 \rangle$	$\langle 0.3, 0.8 \rangle$ 0.46,	$\langle 0.47-0.269 \rangle^{**}$ 0.171**	0.32	-0,1981
InAs куб, $a = 6.06 \text{ \AA}$, $d = 2.61 \text{ \AA}$	4.2	8.6, 9.1* $\langle 5.7864, 9.789 \rangle$	$\langle 0.3, 0.8 \rangle$ 0.5	0.297; 0.172*	0.4	-0,8548
InP куб, $a = 5.86 \text{ \AA}$, $d = 2.54 \text{ \AA}$	4.4	9.6216* $\langle 5.7864, 10.487 \rangle$	$\langle 0.3, 0.746 \rangle$ 0.4784	0.184	0.4	-0,8127
GaSb Куб, $a = 6.09 \text{ \AA}$, $d = 2.65 \text{ \AA}$	4.1	$\langle 7.296-7.846 \rangle$ 8.096* $\langle 6.0, 8.608 \rangle$	$\langle 0.3, 1.1 \rangle$ 0.804,	$\langle 0.503-0.292 \rangle^{**}$ 0.196**	0.63	-0,3788
AlSb Куб, $a = 6.14 \text{ \AA}$, $d = 2.66 \text{ \AA}$	3.17-3.23	7.419- 7.425 $\langle 5.986, 8.608 \rangle$	$\langle 0.44, 1.1 \rangle$ 0.638	$\langle 0.451-0.453 \rangle^{**}$	0.3	-0,8044

Литература:

1. Faist J., Capasso F., Silvo D.L., Siroti C., Hutchinson A.L., Cho A.Y., Science 264, 553 (1994).

2. Е.Я.Глушко ФТТ 38, 7,2051(1996).
3. Е.Я.Глушко, В.Н.Евтеев УФЖ 40, 7, 719(1995).
4. R.L.Kronig, W.Penney Proc. Roy. Soc. 130, 499(1931).
5. Таблицы физических величин. Справочник. Под ред. И.К. Кикоина. – М.: Атомиздат, 1976.

ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ВЕРСІЙ ПСИХОЛОГІЧНИХ ТЕСТІВ ЯК ЗАСІБ ДІАГНОСТИКИ ТА РОЗВИТКУ ПІЗНАВАЛЬНИХ ЗДІБНОСТЕЙ

О.П. Шестопалова

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний
університет

Актуальність проблеми діагностики та розвитку здібностей пов'язана з тим, що основною ідеєю сучасної концепції освіти, що прийнята в більшості розвинутих країн, є формування людини високопрофесійної з легкою адаптацією до світу, що бурхливо змінюється. Одним з головних завдань шкільної освіти стає виявлення і розвиток здібностей школяра, виховання у нього потреби в постійній самоосвіті. Зацікавленість суспільства у саме у такому навчанні та вихованні стимулювало з'явлення концепції диференціації навчання в закладах допрофесійного типу і створення учбових профілів, в яких учнівська молодь має можливість реалізувати свої здібності та нахили.

В освітній системі України з'явилися допрофесійні учбові заклади нового типу – ліцеї, гімназії. Для розв'язання цих проблем ми пропонуємо спеціалізований вид консультаційної роботи – освітню (учбову) орієнтацію. В свою чергу розробка нами діагностичного комплексу для освітньої орієнтації базується на теоретичному узагальненні комплексного експериментального дослідження особливостей пізнавальної та мотиваційної підструктур особистості старшокласників та випускників профільних фізико-математичних класів з поглибленим вивченням інформатики, а також студентів-першокурсників педагогічного інституту, що навчаються за спеціальністю “Основи економіки та інформатика”.

Проведення консультацій з метою формування профільних класів передбачає загальний методологічний підхід до створення такої діагностичної батареї, яка дозволить виявляти загальне та специфічне в когнітивних характеристиках цієї категорії учнів. Ми вважаємо недоцільним створювати універсальну батарею для будь-яких профілів навчання. Мозок деяких людей своєрідно орієнтований на певні подразники, зокрема просторові

та числові відношення та символи. Виходячи з ідей, що були висловлені в працях А.Г.Ковальова, В.І.Мясищєва, В.А. Крутецького, Я.Кюрти припускаємо, що в складній пізнавальній діяльності, якою є профільне навчання, складається своєрідна структура пізнавальних здібностей та пов'язані з нею особливості мотивації, тобто система відношень особистості, особливостей когнітивно-мотиваційної сфери. Дослідження на першому етапі експериментальної роботи охоплювало 256 чоловік старшокласників профільних класів і студентів молодших курсів педагогічного інституту. Апробація комплексу виконана шляхом тестування й ретестування за ним 220 школярів, що проходили консультації по вибору профілю навчання в допрофесійній закладі. Дослідження когнітивно-мотиваційних характеристик старшокласників профільних класів та студентів проводилось на двох рівнях: психофізіологічному і психологічному. Диференціація рівнів розв'язання учнями проблемних завдань є досить перспективною у плані побудови діагностичних методик, що дають можливість визначати процесуальні характеристики мислення. Для вивчення цих характеристик мислення використовувались методика "Мандрівник" та метод голосного самозвіту при виконанні тестових завдань (прогресивні матриці Равену).

Основою для вивчення психологічних особливостей на двох рівнях була індивідуально-типологічна концепція, що запропонована в роботах Е.А. Голубєвої. Вимірювальний підхід дозволяє одержати чисельні ознаки, які характеризують індивідуальні відмінності на різних рівнях, а типологічний спрямований на систематизацію ознак в певні типи. При об'єднанні цих двох підходів ми одержали експериментальну стратегію, що дозволяє використовувати факторний аналіз як засіб моделювання. З допомогою цієї стратегії ми виявили системно-структурні зв'язки та встановили ієрархію факторів, що характеризують особливості пізнавально-мотиваційної сфери старшокласників фізико-математичних класів та студентів експериментальної групи. Склад діагностичних методик в комплексі відображає встановлену ієрархію факторів пізнавально-мотиваційної сфери особистості експериментальної групи. Субтести діагностичного комплексу можна віднести до категорії тестів здібностей, проте в сукупності він дозволяє прогнозувати досягнення школяра в

профільному навчанні. Крім того, ми одержали діагностичний інструмент для планування корекційної роботи. В цілому, результати діагностування за комплексом вказують на рівень успішності пізнавальної діяльності та академічних здібностей – термін, що був запропонований Д. Рісклі.

Для складання загальної оцінки готовності до профільного навчання для кожного субтесту були складені критеріально-орієнтовані таблиці оцінки результатів виконання. За результатами виконання субтестів комплексу будується графік розподілу. Кількісна оцінка не відіграє вирішальної ролі у складанні прогнозу. Більш важлива якісна інтерпретація результатів, проте інтегральний показник менший за 28 балів свідчить про недостатній розвиток окремих груп здібностей. Взагалі, ми не ставили завдання скласти тестову батарею для суворого відбору, тому що це не відповідає нашій теоретичній позиції. Наступна робота за корекційними рекомендаціями дозволила створити певну систему індивідуалізації навчання, а також формування у школяра індивідуального стилю розумової діяльності.

Виходячи з вищевикладеного, корекційна стадія освітньої орієнтації, насамперед, спирається на наявність та подальший розвиток у старшокласника інтересу до профільних предметів. Безперечно, головну роль в цьому розвитку відіграє якість викладання дисциплін, як фактор підвищення мотивації. Перспективними у цьому напрямку здаються наступні інноваційні педагогічні технології у викладанні дисциплін фізико-математичного циклу: розвиток дивергентного продуктивного мислення засобами фізики, використання винахідницьких задач як засобу розвитку креативності, практикум з розв'язання нестандартних задач з метою навчання евристичним методам аналізу проблеми. В межах цих підходів пропонуються цікаві педагогічні прийоми: “переінакшення реальності”; позбавлення об'єкта можливості здійснювати звичні дії; біном фантазії – складання оповідання, казки з трьома фізичними термінами; використання фантастичної гіпотези; розуміння відносності – пошуки чогось найбільшого чи найменшого Особливо цінним методом впливу на здібності старшокласників профільних класів здається нам практикум по навчанню евристичним методам розв'язування логічних задач. Робота з нестандартними

логічними задачами не тільки змінює операційну структуру мислительного пошуку, але й підвищує в очах школяра цінність тих проблем, які вимагають творчого підходу і в яких повністю розкриваються розумові можливості юнака.

Як досить перспективний напрямок можна відмітити можливість створення узагальнених моделей пізнавальної структури та когнітивного стилю учнів профільного класу для впровадження в експертну систему комп'ютерної навчальної програми. Останній напрямок корекційної роботи тісно пов'язаний з комп'ютерним навчанням. Профільні класи з поглибленим вивченням інформатики сприятливі для запровадження подібних інтелектуальних навчальних систем. Приводом для таких досліджень стали розробки інтелектуальних комп'ютерних систем, в яких враховується комплекс індивідуальних особливостей користувачів та припускається варіативність навчальних програм. Історія створення таких систем свідчить, що саме ці розробки обумовили поглиблене вивчення когнітивного стилю, що розуміється як індивідуальні особливості психічних функцій, які суттєво впливають на пізнавальну діяльність. Ми бачимо можливість використання даних, одержаних в діагностичній фазі освітньої орієнтації, для інтелектуальних навчальних програм. Сам діагностичний комплекс може виступати підпрограмою в комп'ютерній навчальній програмі.

Індивідуалізація навчання при цьому досягається у способах надання учбової інформації у відповідності з тією моделлю, до якої старшокласник віднесений за результатами діагностики. Зміст цих моделей внесено в програмне забезпечення, і таким чином, можна будувати оптимальну стратегію навчання, яка поєднує як прямий, так і допоміжний впливи. Ефективність використання цієї моделі в системі навчання залежить від міри індивідуалізації, яка відзначається врахованими особливостями пізнавальної сфери, а також адекватністю моделі конкретному старшокласнику. Складність завдання полягає ще в тому, що цей можливий напрямок корекційної роботи вимагає досліджень не тільки психологів, а і програмістів, фахівців та методистів з профільних дисциплін. В перших інтелектуальних програмах це завдання було розв'язане шляхом диференціації складності учбових завдань. Тепер стало можливим диференціювати завдання у

напрямку врахування ступеня узагальнення та абстрактності учбового матеріалу, співвідношення у ньому ілюстративного та теоретичного матеріалу; орієнтації на вербальні чи невербальні компоненти мислення. Вибір ПЕОМ програми викладення учбової інформації та допомоги залежить від кількості варіантів інформаційних відрізків та завдань для перевірки, а також від якості діагностичної підпрограми.

МЕТОД МОДЕЛЬНОГО ОТЖИГА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ

Р.М. Балабай, А.В. Черноок

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Предмет оптимизации состоит из набора проблем, являющихся центральными в компьютерных и инженерных дисциплинах. Исследования в этой области нацелены на развитие эффективных методик по поиску максимального или минимального значений функции очень многих переменных. Эта функция, обычно, называемая оценочной или целевой функцией, представляет собой количественную меру «пригодности» некоторых сложных систем. Оценочная функция зависит от детальной конфигурации большого количества частей этой системы. Число переменных может достигать порядка десятка тысяч.

Классическим примером, который наиболее легко формулируется, в комбинаторной оптимизации является проблема коммивояжера. Имея список в N городов и некоторое значение стоимости перемещения между некоторыми двумя городами, необходимо спланировать путь коммивояжера, который будет проходить через каждый город и вернуться в конце в начальную точку с минимальными затратами. Подобные проблемы возникают во всех областях конструирования и планирования.

Все известные точные методы по определению оптимального пути, требуют компьютерных затрат, увеличивающихся экспоненциально с N , поэтому на практике точные решения могут быть применены только к проблемам, вовлекающим несколько сотен мест или меньше.

Поэтому целью данной работы стало освоение и приложение метода модельного отжига Киркпатрика, изложенного в оригинальной статье [1]. Ниже проанализирована связь между статистической механикой (состояние системы со многими степенями свободы в тепловом равновесии при конечной температуре) и комбинаторной оптимизации (определяющий минимум данной функции многих переменных).

Статистическая механика является центральной дисципли-

ной физики твердого тела – набор методов для анализа определенных свойств большого числа атомов, которые обнаруживаются в жидкости или твердом теле. Так как число атомов обыкновенно порядка 10^{23} на см^3 , то наиболее вероятное поведение системы при тепловом равновесии и заданной температуре обнаруживается в эксперименте [2].

Оно может быть охарактеризовано средним поведением атомов системы и малыми флуктуациями относительно среднего, когда усреднение сделано по ансамблю идентичных систем, подобно усреднению, введенному Гиббсом. В этом ансамбле каждая конфигурация системы, определенная набором атомных позиций (r_i), «взвешивается» своим Больцмановским вероятностным фактором, $\exp\left(\frac{-E(r_i)}{k_b T}\right)$, где $E(r_i)$ является энергией кон-

фигурации атомов. Фундаментальным вопросом статистической механики является вопрос, что происходит с системой в пределе низких температур, то есть атомы останутся подвижными или замрут, и если замрут, то сформируют ли кристаллическое твердое тело или стекло (метастабильную структуру).

Основные состояния системы атомов и конфигурации, близкие к ним по энергии, чрезвычайно редки среди всех конфигураций макроскопического тела, но они преобладают своими свойствами при низких температурах, так как снижение температуры приводит Больцмановское распределение в нижайшее энергетическое состояние.

На практике низкие температуры не являются достаточным условием для обнаружения основного состояния. Эксперименты, которые определяют низкотемпературное состояние материала, например, выращивание монокристалла из расплава, используют «осторожный» отжиг: вначале расплавляют вещество, затем медленно понижают температуру с длительной задержкой вблизи температуры замерзания. Если этого не будет сделано, вещество не придет к состоянию равновесия, результирующий кристалл будет иметь много дефектов или сформируется аморфное состояние без кристаллического порядка с локальными метастабильными структурами.

Определение низкотемпературного состояния системы, когда функция цели для его подсчета есть энергия, является опти-

мизационной проблемой, несходной с теми, что имеют место в комбинаторной оптимизации. К тому же понятие температуры физической системы, не совсем очевидно в системах, которые оптимизируются. Мы введем понятие эффективной температуры для оптимизации и покажем как осуществить модельный отжиг для того, чтобы получить наилучшее эвристическое решение комбинаторных оптимизационных проблем.

Метрополис на ранней стадии разработки компьютерных методов исследований ввел простой алгоритм, который может быть использован в моделировании ансамбля атомов в равновесии при данной температуре [3]. На каждом шаге этого алгоритма, атому задается небольшое случайное смещение и рассчитывается появляющееся изменение в энергии системы ΔE . Если $\Delta E \leq 0$, то смещение принимается правильным, то есть улучшающим систему, при этом конфигурация со смещенными атомами используется, как стартовая для следующего шага. Случай $\Delta E > 0$ обрабатывается вероятностно: рассматривается вероятность того, что конфигурация подходящая, описывается выражением $p(\Delta E) = \exp(-\Delta E/k_b T)$. Случайные числа, равномерно распределенные в интервале $[0; 1]$ являются подходящими значениями, реализующими эту часть алгоритма. Одно такое число выбирается и сравнивается с $p(\Delta E)$. Если оно оказывается меньше, чем $p(\Delta E)$, то новая конфигурация сохраняется, если нет, то исходная конфигурация используется как стартовая для следующего шага. Повторяя эти шаги многократно, мы моделируем тепловое движение атомов, аналогичное поведению атомов при взаимодействии с резервуаром при температуре T . Введение в рассмотрение $p(\Delta E)$ приводит к тому, что система описывается Больцмановским распределением.

Используя оценочную функцию вместо энергии и определяя конфигурацию набора параметров $\{x_i\}$, процедура Метрополиса используется для генерации набора конфигураций для оптимизационной проблемы при некоторой эффективной температуре. Эта температура является контрольным параметром в тех же самых единицах измерения что и оценочная функция. Модельный процесс отжига состоит: во-первых, из “расплавления” системы, приведение ее к некой высокой эффективной температуре, затем медленное снижение температуры до тех пор, пока система не

“заморозится” и далее не будет изменяться. При каждой температуре моделирование должно осуществляться достаточно долго для того, чтобы система достигла устойчивого состояния. Набор температур и число перестановок $\{x_i\}$, понадобившихся, чтобы достичь равновесия при каждой температуре, могут рассматриваться как протокол отжига.

Итак, рассмотрим задачу коммивояжера. Введем некоторые термины. Города пронумерованы числами $j \in S = \{0, 1, \dots, N-1\}$. Тур коммивояжера может быть описан циклической перестановкой $S = \{j_0, j_1, \dots, j_{N-1}, j_0\}$, причем все j_0, j_1, \dots, j_{N-1} – разные номера. Повторяющееся в начале и в конце j_0 показывает, что перестановка зацикленная. Расстояние между городами образуют матрицу c , где c_{ij} – расстояние между i и j городами. Задача состоит в том, чтобы найти такой тур s , чтобы минимизировать функционал

$$L = L(t) = \sum_{k=0}^{N-1} c_{j_k j_{k+1}}$$

По условию задачи о коммивояжере стоимость проезда между двумя городами пропорциональна расстоянию между ними, тогда каждая отдельная задача коммивояжера – это просто задание списка городов. Например, расположим на плоскости N случайно расставленных точек, которые задают одну такую задачу. Расстояния между ними может рассчитываться либо в Евклидовой метрической системе, либо в «Манхэттен» – системе, в которой расстояние между двумя точками является суммой их координат. Последняя метрическая система применяется при проектировании, и легче обчисляется, но в дальнейшем мы будем использовать Манхэттен метрическую систему.

Предположим, что города расположены на квадрате со стороной – \sqrt{N} , где N – число городов. Как показано, что такой выбор единицы длины предоставляет оптимальную величину перехода за шаг, независимую от N , если она усреднена по большому числу расстояний, при N фиксированном. Назовем эту усредненную оптимальную элементарную длину за шаг α . Чтобы ограничить α сверху, был поставлен грубый числовой эксперимент с эвристическим алгоритмом, заключающимся в том, что коммивояжер из любого города идет в ближайший город, который посещает только один раз. Из N города возвращается в 1. В худшем

случае, отношение длины такого «экономного» путешествия к оптимальному пропорционально $\ln N$, но в среднем обнаруживается, что длина i -го шага равна 1,12. Изменение длины «экономного» шага уменьшается пропорционально $\frac{1}{\sqrt{N}}$, так что ситуация, предвиденная при анализе наихудшего случая, не так уж редко встречается при больших N .

Для создания алгоритма модельного отжига необходимы способы представления маршрута и способы генерации случайных перемещений при путешествии. Каждый маршрут может быть описан как переменный список номеров от 1 до N , обозначающих города. Мощный и общий набор маршрутов был введен Лин и Керниган. Каждый маршрут включает обратный ход, при котором элемент маршрута изменял свою позицию в списке. Более сложные обходы используются при необходимости увеличить эффективность повторного улучшения. Мы сталкиваемся с примером следствия адаптированного отжига при средних температурах, где последовательность обратных обходов многочисленна.

План отжига определяется эмпирически. Температура, при которой отрезки ориентируются свободно, будет порядка \sqrt{N} , поскольку эта величина является средней длиной связи, когда маршрут не определен. Температуры меньше 1 считают «холодными». Этим методом были получены оптимальные решения для $N=6000$, тогда как решения другими способами получается максимум для 318 городов.

Реализация алгоритма Метрополиса в модельном отжиге оптимизационной проблемы легко распространяется на другие задачи. Для этого необходимо:

1. Краткое описание конфигурации системы;
2. Случайный генератор «движений» или перемещений элементов конфигурации;
3. Количественное выражение целевой функции;
4. Температурная схема отжига и промежутки времени в течение которого система будет эволюционировать.

Схема отжига может быть создана как пробная или ошибочная, или может отображать только нагревающуюся систему до ее очевидного расплавления, затем медленного охлаждения до тех

пор, пока диффузия компонентов прекратится. Температура выделяет класс таких перестроек, которые вызывают значительные изменения в выражении целевой функции и имеют место при высоких температурах, тогда как малые изменения – только при низких.

Алгоритм Метрополиса продвигается мелкими шагами от одной конфигурации к следующей, а температура «удерживает» алгоритм от «зависания», разрешая большие смещения. Численные исследования показали, что хорошие результаты получаются при количестве операций порядка N или малых степеней N . Медленное увеличение расчетных усилий с увеличением N и общность методов делают модельный отжиг широко применяемой методикой оптимизации.

Процедура модельного отжига идеальна для оптимизации систем, имеющих большое количество близлежащих минимумов. Концептуальной основой модельного отжига является термодинамическое приближение. Вначале процесса модельного отжига температура берется достаточно высокой, сравнимой с энергетическими барьерами, разделяющими минимумы, таким образом система равновероятно может быть обнаружена вблизи любого минимума. Затем температура постепенно снижается, а распределение переменных стремится к наиболее выгодной для системы энергии. Наконец, когда температура приближается «к нулю», система с полной определенностью принимает конфигурацию, соответствующую наинизшей энергии, т.е. глобальный минимум.

Литература:

1. Kirkpatrick S., Gelatt C.D., Vecchi M.P. Optimimization by Simulated Annealing. Science, v 220, n 4598, pp 19-27, 1983.
2. Мельник М.М. Экономико-математические методы и модели в планировании и управлении материально-техническим снабжением. – М.: Высшая школа, 1990.
3. Metropolis N., Rosenbluth A., Rosenbluth M., Teller A., Teller E. Chem. Phys., 21,1087 (1953).

ДО ПИТАННЯ ВИКЛАДАННЯ ОСНОВ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ НА ПРИРОДНИ- ЧИХ ФАКУЛЬТЕТАХ

Н.В. Грищенко

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

За виключенням лише невеликої кількості обдарованих людей, людство з давних давен дивиться на арифметичні обчислення як на важку та нудну роботу, якої необхідно позбутися за будь-яку ціну та будь-якими доступними засобами. В наш час існує безліч нескладних обчислювальних пристроїв, використання яких є найпростішим способом позбутися великого об'єма простих, але втомлюючих арифметичних обчислень. Такими пристроями може користуватися кожен, навіть без будь-якої попередньої підготовки. Але для великої роботи з громіздкими обчисленнями, наприклад для наукових досліджень, більш доцільне застосування більш серйозної техніки – електронних обчислювальних машин.

Для того, щоб розумно використати ЕОМ потрібно по-перше, визначити тип, до якого належить задача, по-друге, визначити придатний метод, по-третє, дати машині інструкції по виконанню необхідної послідовності дій за допомогою складеної належним чином програми. Таким чином, програмування складає істотний елемент дослідження. Звичайно, складанням програм займаються спеціально підготовані програмісти, але для того, щоб коректно поставити задачу, науковцям необхідно мати уявлення про можливості комп'ютерів, складання програм, типи даних, тощо. З другого боку, для того щоб скласти якісну програму прикладного характеру, програмісту необхідно дуже глибоко розбиратися в тій області науки, до якої належить поставлена задача, що забирає дуже багато часу, а інколи просто не є можливим.

На перший погляд, найпростішим здається використання готового програмного забезпечення, яке дозволяє проводити різні розрахунки. Але, по-перше, необхідно витратити чимало часу на вивчення можливостей та системою роботи конкретного пакета

програм, по-друге, нема гарантії, що знайдеться програмне забезпечення, що відповідатиме всім нашим вимогам, по-третє, в наш час не останнім є питання оплати ліцензованого сучасного програмного забезпечення, яке в основному не під силу учбовим та науковим закладам, а тим більш окремим науковцям.

Отже, оскільки для побудови моделі необхідно не тільки добре володіння математичним апаратом, а й глибоке розуміння моделюємих процесів, виникає потреба в спеціалістах, що вміють працювати на з'єднанні декількох наук.

Розповсюдженням розв'язанням цієї проблеми є розширення кола знань майбутніх спеціалістів з моделювання, студентів спеціальностей “математика” та “прикладна математика” [1]. Але такий підхід ставить науковців інших спеціальностей в цілковиту залежність від математика або програміста. Враховуючи все вищесказане, здається доцільним навчання майбутніх спеціалістів різних галузей науки комп'ютерному моделюванню, а також основам програмування хоча б однією з сучасних мов програмування.

Підготований нами курс “Основи комп'ютерної моделювання” розроблений для студентів молодших курсів природничих факультетів.

В першому блоці студенти знайомляться з апаратним та програмним забезпеченням персональних комп'ютерів: вивчають основні компоненти апаратної частини ЕОМ, програмне забезпечення комп'ютерів, включаючи операційні системи та програмні оболонки операційної системи.

Другий блок передбачає вивчення елементів програмування однією з мов програмування високого рівня Турбо Паскаль 7.0, що включає:

- основи мови (робота в інтегрованій середі, побудова програм, константи та змінні, типи даних, вирази та стандартні функції, оператори, представлення результатів);
- управляючі структури (умовний оператор та оператор варіанта);
- цикли (цикли з параметром, цикли з передумовою, цикли з післяумовою);
- процедури та функції;
- масиви (включаючи питання обробки масивів, як то: пошук

максимального/мінімального елемента, сортування масиву, пошук елемента в упорядкованому масиві методом “дихотомії”, елементи теорії матриць: складання та множення матриць, тощо);

– модуль Graph.

Після вивчення теоретичного матеріалу чергової теми студенти колективно і самостійно розв’язують велику кількість задач на закріплення. Специфіка роботи на нематематичних спеціальностях полягає в досить невисокій математичній культурі студентів. Це вимагає ретельного підбору завдань, які б давали можливість сконцентрувати увагу на методах програмування, використовуючи знання з спеціальності, а не заглиблюватись в абстрактні питання математики, які викликають значний опір студентів.

В третьому блоці вивчаються основи математичного моделювання. Студенти вчаться створювати математичні моделі природничих процесів, вивчають метод Монте-Карло та його застосування до моделювання побудови сополімерів, динаміку популяцій (модель Мальтуса, модель Ферхюльста-Перла, взаємодію між видами), клітинкові автомати та модель епідемії. Лабораторні роботи цього блоку передбачають створення математичної моделі процесу, втілення одержаної моделі в програму та вивчення поведінки моделюємого об’єкта в різних умовах.

Останній блок курсу містить в собі елементи статистичної обробки даних, такі як лінійна регресія, кореляція, розподілення результатів вимірювань, апроксимація функцій, значимість, перевірка статистичних гіпотез. Для закріплення цього теоретичного матеріалу студентам пропонується серія завдань з обробки даних, як штучно створених, так і одержаних з експериментів на комп’ютері, які проводились студентами на протязі попереднього блоку.

Цей курс протягом декількох років був апробований в Криворізькому державному педагогічному університеті. Досвід викладання узагальнений в навчальному посібнику [2]. Курс, викладений у посібнику, має на меті підготувати майбутніх науковців до праці в сучасних умовах, незалежно від наявного прикладного програмного забезпечення, навчити їх загальним підходам до розв’язання задач обробки даних чисельних та натурних експе-

риментів з подальшою їх інтерпретацією у вигляді таблиць, графіків, діаграм та структурно-логічних схем.

Література:

1. З. А. Нахушева, Т. Ю. Хаширова. Математическое моделирование естественнонаучных процессов и объектно-ориентированное программирование в курсе высшей школы / Международная научно-практическая конференция Elbrus'97. Новые информационные технологии и их региональное развитие: Тезисы докладов. – Нальчик: Каб.-Балк. ун-т., 1998. – 266 с.
2. Н. В. Грищенко. Эксперимент на компьютере (основы математического моделирования с элементами программирования и статистической обработки данных). – Кривой Рог: КГПИ, 1998. – 142 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ТОЧКОВИХ ДЕФЕКТІВ У КРЕМНІІ: НЕРОЗ'ЄДНАНІ ПАРИ ФРЕНКЕЛЯ

Н.В. Грищенко
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний
університет

Протягом багатьох років однією з центральних проблем фізики твердого тіла залишається проблема дефектоутворення та впливу дефектів на фізико-хімічні властивості матеріалів. Особливо актуальні ці питання для фізики напівпровідників, так як точкові дефекти, утворюючи домішково-дефектні комплекси, визначають основні фотоелектричні та інші характеристики напівпровідників. Найпростішими дефектами є пари Френкеля. Незважаючи на довгу історію їх вивчення, нові результати з'являються і в останній час [1, 2].

Раніше було встановлено, що разом зі звичайними парами Френкеля можуть існувати їх різні модифікації, наприклад, нероз'єднані пари Френкеля з "повернутими", але не розірваними зв'язками [3]. Існування таких дефектів опосередковано підтверджується в експериментах В.С. Вавілова [3].

В [1, 2] розрахований потенціальний рельєф для утворення та рекомбінації пари Френкеля (ПФ). Одержано, що бар'єр для рекомбінації ПФ (U_r) ~ 1.2 еВ, що значно менше бар'єра для її утворення (U_c). Крім того, автори дійшли висновку про те, що енергія міграції міжвузельного атома ($E_m^I = 1.37eV$) перевищує енергію міграції нейтральної вакансії ($E_m^V = 0.1eV$).

Ми також проводили розрахунки [4, 5], аналогічні вищезгаданим [1, 2]. Нами був розроблений комплекс програм, призначений для розрахунків *ab initio* розподілу електронної густини та повної кристалічної енергії різних твердотільних систем: ідеальних кристалів (метали, діелектрики, напівпровідники), кристалів з дефектами, сплавів та твердих розчинів, на поверхнях та границях розділу. Відомо, що при спробах теоретичного аналізу електронних та структурних властивостей дефектів виникають труднощі, пов'язані з описом атомного оточення та врахуванням значних хімічних змін, що відбуваються в області де-

фекта. Даний інструментальний засіб, що ґрунтується на теорії функціонала електронної густини та псевдопотенціалів *ab initio*, дозволяє забезпечити коректний опис зв'язків між атомами та дає можливість одержання точних значень електронної густини.

Інформація про об'єкт подається в програму як вхідні дані, що включають кількість та сорт атомів, тип елементарної комірки та координати атомів в ній. Крім того, у початкові дані входять координати спеціальних точок з зони Брілюєна з відповідними вагами. Вибір об'єкта, що досліджується, визначає базис, по якому розкладається кристалічна хвильова функція. Якщо в об'єкт не входять атоми перехідних металів, то базис обмежується плоскими хвилями, інакше – базис змішаний.

Процедура визначення локальної електронної густини та повної енергії починається з обчислення параметрів псевдопотенціалів за методикою [6], яка генерує нормозберігаючий *ab initio* псевдопотенціал. В зв'язку з тим, що до розрахунку залучаються взаємно ортогональні функції, які приводять до появи малих чисел, всі величини описуються з подвійною точністю. Ітераційний цикл самоузгодженого розрахунку електронної густини починається з окремого проходження першої ітерації, де формується масив векторів оберненої ґратки та матриці гамільтоніана. Основна матриця (яка на наступних ітераціях поліпшується) складається з елементів на операторах кінетичної енергії та іонного псевдопотенціала, неекранованого електронним зарядом. Так як на першій ітерації її не існує, значення електронної густини, яка бере участь у розрахунку екрануючих потенціалів (кулонівського та обмінно-кореляційного), то в якості затравочного повного кристалічного потенціала використовується іонний псевдопотенціал, екранований діелектричною функцією $\varepsilon(\vec{G})$:

$$V_{ps}(\vec{k} + \vec{G}, \vec{k} + \vec{G}') = \frac{1}{M} \sum_s S_s(\vec{G} - \vec{G}') \cdot V_s^{ps}(\vec{k} + \vec{G}, \vec{k} + \vec{G}'),$$

де M означає кількість базисних атомів в одиничній комірці, $S_s(\vec{q})$ – структурний фактор для атомів типу s та $V_s^{ps}(\vec{q}, \vec{q}')$ – атомний форм-фактор, який для нелокального псевдопотенціала має вигляд:

$$V_s^{ps}(\vec{q}, \vec{q}') = \frac{1}{\Omega_{at}} \sum_l \int d\vec{r} \cdot \exp(-i\vec{q}'\vec{r}) \cdot \Delta V_{s,l}^{ps}(\vec{r}) \cdot \vec{k}_l \cdot \exp(i\vec{q}\vec{r}).$$

З одержаних матричних елементів формується матриця, для якої ми знаходимо власні значення та власні вектори. Далі власні вектори та власні значення впорядковуються за зростанням власних значень.

Знаючи коефіцієнти Фур'є-розкладу волнової функції, можна розрахувати Фур'є-компоненти електронної густини, які одержуються підсумовуванням за спеціальними точками зони Брілюєна симетризованої зарядової густини. Як показано в роботі [7], за відсутності в просторовій групі непримітивних трансляцій, симетризація за операціями точкової групи зводиться до визначення середнього арифметичного за зіркою векторів оберненої ґратки (зірка містить вектори, які трансформуються один в одного за допомогою операцій точкової групи). Використання елементарних комірок, атомний базис яких містить в точковій групі перетворення інверсії, приводить до того, що Фур'є-коефіцієнти в розкладі всіх величин є дійсними числами.

Для одержання матричного елемента $V_{xc}(\vec{G}' - \vec{G})$ найпростіше розрахувати електронну густину:

$$\rho(\vec{r}) = \sum_{\vec{G}} \rho(\vec{G}) \cdot e^{-i\vec{G}\vec{r}}$$

на сітці точок в реальному просторі в елементарній комірці, обчислити в кожній такій точці $V_{xc}(\rho(\vec{r}))$ та, підсумовуючи за всіма точками, здійснити обернене Фур'є-перетворення до $V_{xc}(\vec{G}' - \vec{G})$.

Далі, на основі $\rho(\vec{r})$ формуємо масив матричних елементів $V_{xc}(\vec{r})$, потенціал Хартрі та підсумковий екрануючий потенціал. Одержаний екрануючий потенціал закінчує n -ту ітерацію та використовується для конструювання початкового потенціала на $(n+1)$ -й ітерації.

Спосіб досягнення самоузгодження практично не залежить від розв'язання рівняння Кона-Шема та являє собою самостійну проблему. Найпростіша процедура, яка часто використовується, полягає в конструюванні початкового екрануючого потенціала на $(n+1)$ -й ітерації у вигляді лінійної комбінації початкового та

результуючого екрануючого потенціала n -ої ітерації:

$$V_{n+1} = \alpha V_n^{in} + (1 - \alpha) V_n^{out}.$$

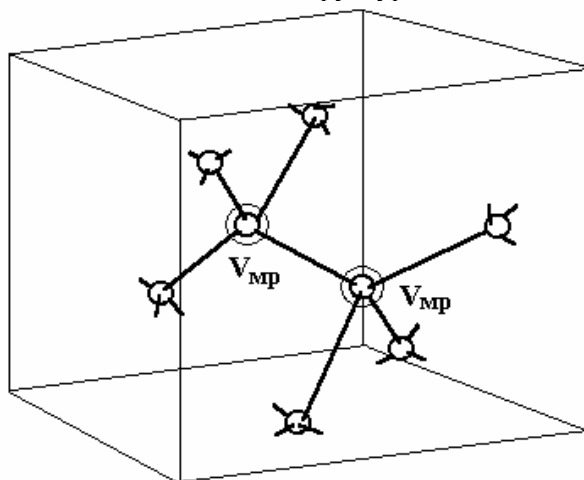
В багатьох випадках α може бути обрано достатньо малим (~ 0.5), наприклад, для структур з алмазним типом ґратки. Проте існують ситуації, в яких досягнення самоузгодження потребує заглиблення в проблему. Це стосується задач, які розв'язуються для великих елементарних комірок. Дальнодіюча кулонівська взаємодія приводить до великої чутливості потенціала до змін електронної густини, похибка у початковому потенціалі приводить до похибки у вихідному потенціалі. Для векторів оберненої ґратки простих кристалів це не є проблемою, але для великих суперґраток величина похибки вихідного потенціала на порядок більше початкового потенціала. Для зазначених випадків $\alpha \sim 0.9$ приводить до збіжності, але повільним, неефективним шляхом.

Дослідження [8] показали, що значне прискорення збіжності при проведенні зонно-структурних розрахунків спостерігається при використанні метода Бroyдена.

Після закінчення поточної ітерації формується новий початковий екрануючий потенціал для наступної ітерації. Початковим потенціалом для другої ітерації є вихідний потенціал першої, для третьої початковий потенціал заготовлюється з використанням метода лінійної комбінації, а для наступних ітерацій використовується метод Бroyдена. Починаючи з другої ітерації формується нова матриця гамільтоніана шляхом додавання до матричних елементів на неекранованому іонному потенціалі відповідних Фур'є-компонент екрануючого потенціала. Після цього повторюються етапи циклу самоузгодження, до тих пір поки не буде виконуватися умова збіжності. Якщо самоузгодження досягнуто, то в лаштунках формалізма функціонала густини може бути оцінена повна енергія. Передбачена можливість графічного відображення розподілу електронної густини в різних площинах перетину.

Псевдопотенційний формалізм, зведений до оберненого простору, в лаштунках теорії локальної густини не має обмежень на форму заряду та може бути успішно застосований до вивчення структурних властивостей простих металів, перехідних металів, діелектриків та напівпровідників. В цих розрахунках початковою інформацією є тільки атомний номер елемента речовини, що

досліджується та його можлива структура.

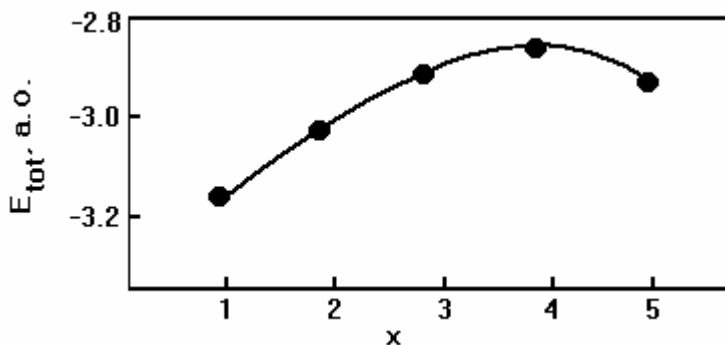


Мал. 1. Кристалічний фрагмент, що ілюструє дивакансії малого радіуса (V_{mr}).

Використання прийома штучної періодичності дозволяє застосовувати цей метод до дослідження структур твердих розчинів, поверхонь, адсорбційних шарів, границь розділу, релаксації ґратки навкруг точкових дефектів, аморфних тіл. Зокрема, дана методика апробована нами при розрахунках конфігурацій точкових дефектів в кремнії при їх великих концентраціях [4, 5, 10].

При концентрації дефектів більше деякого порога в визначених умовах утворюється суперґратка дефектів, вісі якої через анізотропію пружної взаємодії співпадають з вісями кристала. Період суперґратки не визначається мінімумом термодинамічного потенціала, оскільки система далека від стану рівноваги. Модель такої атом-вакансійної структури може бути створена шляхом використання прийома штучної періодичності. Проектується елементарна комірка, кількість атомів в якій, їх сорт та розташування визначаються задачами, які будуть розв'язуватись. Після цього комірка транслюється у всіх напрямках.

Виходячи з експериментальних даних, концентрація дефектів, що приводить до структурних перетворень, складає більше 10^{20} см^{-3} .



Мал. 2. Потенційний рельєф для утворення дивакансії малого радіуса в ідеальній ґратці

Ідея побудування моделі кристала з критичною концентрацією дефектів полягала в забезпеченні оптимального сполучення розмірів базової комірки (що визначає припустимий об'єм обчислень) з необхідною концентрацією дефектів в кристалі (яка відповідає стану, який передує структурному перетворенню). В цьому випадку на вісім атомів матриці припадало два дефекти. Трансляція такої восьмиатомної комірки у всіх напрямках дозволяє дослідити нескінченний кристал кремнія з концентрацією дефектів 2:8. Властивості такого кристала ми досліджували методом функціонала електронної густини в псевдопотенційному наближенні.

Розрахунки показують, що можливе існування дивакансій двох типів: дивакансії малого радіуса, коли вакантні вузли найближчих сусідів (V_{2mp}) та дивакансії великого радіуса, коли вакантні вузли другого координаційного набору. Тут ми обговоримо дивакансії першого типу. Як атомний базис використовувались 8 атомів кремнія, розташовані в позиціях неспотвореної ґратки (мал. 1), з наступним зсувом двох сусідніх атомів кремнія з вузлів в напрямку $\{111\}$ в протилежні боки з утворенням дивакансії. Відносне зсування складало $1/6$ відстані між атомами.

На кривій зміни повної енергії при двох зсуваючихся атомах знаходиться бар'єр, заважаючий утворенню дивакансії, рівний 7.07 eV (мал. 2). З перерахуванням на одну вакансію залишається 3.5 eV, тоді як відомо, що для утворення поодинокі вакансії

потрібна енергія 4-5 еВ. Очевидно, що при одночасному зсуві двох сусідніх атомів з вузлів, кожному атому потрібна енергія в 1.4 раза менше, ніж атому, що виходить самостійно. Враховуючи цей факт, одержані нами значення $U_r = 0.82$ еВ та $U_c = 3.5$ еВ, підтверджуються в [1, 2].

Але порівняння з експериментом, проведене в [1, 2] зроблено некоректно, оскільки не враховується, що в процесі рекомбінації в результаті відновлення хімічних зв'язків виділяється енергія, що робить результуюче значення U_r менше у відповідності з експериментом [3]. Далі, результат $E_m^I > E_m^V$ також пов'язаний з тим, що в таких розрахунках не враховується повною мірою релаксація ядер. Це і дає збільшення E_m^I . Відомі результати Уоткінса [3] переконливо показують, що $E_m^I \ll E_m^V$.

Література:

1. Tang, M., Colombo, L., Zhu, J., Diaz De La Rubia, T. (1997) Intrinsic point defects in crystalline silicon: Tight-binding molecular dynamics studies of self-diffusion, interstitial-vacancy recombination, and formation volumes, *Physical Review B* **55** №21, 14279-14289.
2. Cargnoni, F., Gatti, C., Colombo, L. (1998) Formation and annihilation of a bond defect in silicon: An *ab initio* quantum-mechanical characterization, *Physical Review B* **57** №1, 170-177.
3. Вавилов, В.С., Кив, А.Е., Ниязова, О.Р. (1981) Механизмы образования и миграции дефектов в полупроводниках, М.: Наука. – 368 с.
4. Balabay, R.M., Grishchenko, N.V. (1997) Configurations of point defects in silicon under critical concentrations, *Computer Modelling of Electronic and Atomic Processes in Space and Electronic Materials, NATO ASI Series, 3. High technology* Vol. 22, 173-181.
5. Jacobs, P.W., Kiv, A.E., Balabay, R.M., Grishchenko, N.V., Chislov, V.V., Donchev, I.I. and Prihodnaya, S.V. (1998) Atomic configurations in a-Si obtained by ion implantation, *RAU Scientific Reports, Computer Modeling & New Technologies* **2**, 15-20.
6. Bachelet, G.B., Hamann, D.R., and Schluter, M. (1982)

- Pseudopotentials that work: From H to Pu, *Physical Review* **B62**, 4199-4228.
7. Denteneer, P.J.H., Van Haeringen W. (1985) The pseudopotential-density-functional method in momentum space: details and test cases, *J. Phys. C.: Solid State Phys.* **18**, 4127-4142.
 8. Srivastava, G.P., Weaire, D. (1987) The theory of the cohesive energies of solids, *Advances in Physics* **Vol. 36 No. 4**, 463-517.
 9. Харрисон, У. (1986) Псевдопотенциалы в теории металлов, М.: Мир. – 366 с.
 10. Балабай Р.М. (1992) Расчет из первых принципов электронных структур и потенциальных рельефов кристаллического кремния с локализованными дефектами, Тезисы докладов Пятнадцатого Пекаровского совещания по теории полупроводников. – Львов. – с. 18.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ (001) КРЕМНИЯ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭМПИРИЧЕСКИХ ПОТЕНЦИАЛОВ

Т.И. Максимова

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Развитие вычислительной техники привело к появлению принципиально нового средства исследования физических процессов – компьютерному моделированию. В условиях, когда теоретические методы наталкиваются на серьёзные трудности связанные с большим объемом вычислений, а натурные эксперименты либо чрезмерно трудоёмки и дороги, либо в принципе невозможны, численное моделирование часто оказывается эффективнейшим средством изучения физических явлений.

Целью данной работы являлось построение компьютерной модели для исследования микроструктуры поверхности (001) кремния. Кремний взят в качестве исследуемого материала как самый широко применяемый в микроэлектронике полупроводник. Тенденция к уменьшению объема интегральных схем приводит к увеличению роли поверхности и поверхностных дефектов кремния. Хотя Si скалывается вдоль плоскостей (111), в настоящее время в интегральных схемах широко используются кремниевые пластины с поверхностью (001), поэтому именно поверхность (001) Si выбрана нами для изучения.

Методологические особенности изучения микроструктуры поверхности кремния

Проблема расшифровки атомной структуры, которую можно считать полностью решенной для объема, оказалась на удивление серьезной в случае поверхности. Как правило, один теоретический или экспериментальный метод не способен дать полных результатов, обеспечивающих однозначность интерпретации. Поэтому для получения достаточно надежных выводов необходимо комплексное использование различных экспериментальных и теоретических методов.

Сканирующая туннельная микроскопия дает достаточно точные сведения о поверхности, но, к сожалению, они касаются

только первого поверхностного слоя, оставляя поведение приповерхностных слоев неизвестным [1]. Остальные экспериментальные методы, такие как дифракция медленных электронов, рассеяние ионов и т.п. не могут гарантировать однозначную трактовку результатов. Для их расшифровки необходимо сначала сделать определенные предположения о реконструкции атомов в элементарной ячейке, форма которой уже известна. Если совпадения с экспериментальными результатами нет, – данную модель следует отвергнуть; если совпадение есть – можно продолжать рассмотрение модели, но нельзя отвергать другие модели. Таким образом, с помощью экспериментальных методов можно исключить некоторые модели реконструкции, а относительно других сделать вывод, что они вероятны, но не обязательно справедливы [2].

Можно попытаться рассчитать положения атомов для релаксировавших или реконструированных поверхностей с помощью *ab initio* методов. Однако и в этом случае мы сталкиваемся с подобной проблемой. Уравнение Шредингера полностью определено только в том случае, если атомная структура нам известна. Ситуация осложняется тем, что значительные изменения атомной структуры полупроводников приводят к радикальной перестройке электронных энергетических спектров. В этом отношении ситуация на поверхности в корне отличается от той, которая имеет место в объеме. При исследовании электронных структур в объеме можно исходить из вполне надежных сведений о его атомной структуре. В случае поверхности дело обстоит иначе. Здесь положения атомов не заданы и возникают тесно связанные между собой задачи самосогласованного определения атомной и электронной структур. Эта проблема решается методами *ab initio* следующим образом: из-за большого объема расчетов, для нахождения наиболее энергетически выгодной структуры рассчитывают и сравнивают энергии только нескольких предположительных структур с минимальным набором параметров (длин связей, углов между связями и т.д.). Таким образом, рассматриваются лишь наиболее логичные с точки зрения теоретика реконструкции, свободной релаксации атомов не происходит. Заметим, что подобные недостатки характерны для *ab initio* методов только в случае изучения поверхностей. Они прекрасно ра-

ботаю для получения объемных характеристик, так как атомная структура объема кристаллов известна достаточно точно [2].

Второй недостаток *ab initio* методов состоит в небольшом размере расчетной ячейки. В более сложных случаях, таких как разупорядоченные и ступенчатые поверхности, дислокации, рост кристаллов, комплексные дефекты требуется порядка 10^3 - 10^6 атомов, что делает *ab initio* методы неприменимыми [3].

В этом случае возможной альтернативой *ab initio* методам может стать применение эмпирических межатомных потенциалов из *ab initio* расчетов, например, в методе молекулярной динамики. В этом случае сокращение объема расчетов позволяет, во-первых, исследовать сложные разупорядоченные системы атомов порядка 10^3 - 10^6 , на временах 10-100 пс. Во-вторых, объем расчетов позволяет проводить свободную релаксацию системы, что может привести к новым моделям реконструкции.

Вышеизложенные проблемы особенно ярко проявляются в полупроводниках с ковалентными связями, одним из которых является кремний. Из-за сильной угловой зависимости ковалентной связи, в этих материалах наблюдаются относительно большие смещения атомов на поверхности и деформации электронных энергетических спектров, что осложняет трактовку экспериментальных данных и теоретическое моделирование.

Построение модели

В настоящее время метод молекулярной динамики (МД) [4] остаётся одним из наиболее перспективных в моделировании поверхностей. Он дает возможность получить не только статические, но и динамические характеристики вещества на молекулярном и атомарном уровне.

В основе метода лежит предположение о том, что движение атомов вещества подчиняется законам движения Ньютона, то есть, может быть описано уравнениями движения классической динамики с заданным потенциалом взаимодействия $u(r_{ij})$. Для каждой i -й частицы

$$m(d^2r_i(t))/(dt^2) = F_i .$$

Пусть имеем систему N частиц. В приближении парного взаимодействия сила F_i , действующая на i -ю частицу со стороны остальных $N-1$ частиц, вычисляется как векторная сумма

$$F_i = \sum_{i,j,i>j}^N F(r_{ij}),$$

где $F(r_{ij})$ – сила, действующая на i -ю частицу со стороны j -й.

$$F(r_{ij}) = -\nabla u(r_{ij}).$$

По определению градиента

$$F_i(r_{ij}) = -\partial u(r_{ij}) / \partial r_i.$$

где i отвечает i -й степени свободы атома. В данном случае атом имеет три степени свободы. Значит, для описания системы N частиц мы должны рассмотреть $3N$ классических уравнений движения. Численно интегрируя полученные уравнения, в каждый момент времени t находим положения частиц в пространстве и их скорости. Имея эти данные, легко найти основные статические и динамические характеристики системы.

Мы видим, что задача моделирования полностью определена, если задан потенциал взаимодействия, то есть зависимость силы взаимодействия частиц от расстояния между ними. Вопрос о выборе потенциала взаимодействия является существенным для нашей модели. Сильная угловая зависимость связи в ковалентных полупроводниках ведет к существенным смещениям атомов на поверхности и к возникновению сложных квантово-механических эффектов, включая взаимодействие атомов, разрыв и образование химических связей, искажение sp^3 -гибридизации, перетекание заряда. Эмпирические параметры потенциала и его функциональная форма должны достаточно корректно отражать квантово-механические процессы на поверхности.

В данном исследовании мы используем потенциалы Стилинджера-Вебера [5] и Китинга [6], как дающие наиболее корректное согласие с энергетическими данными и другими физическими характеристиками *ab initio* методов в объеме кремния. Потенциал Стилинджера-Вебера является наиболее часто используемым эмпирическим потенциалом для изучения поверхностных процессов. Он представлен в виде суммы радиальной v_2 и угловой v_3 компонент, масштабируемых на энергию $\varepsilon=1.79549$ эВ и длину $\delta=0.20951$ нм:

$$v_2 = \mathcal{E}_2(r_{ij}/\delta), \quad v_3 = \mathcal{E}_3(r_i/\delta, r_j/\delta, r_k/\delta),$$

где

$$f_2(r) = A(Br^{-4} - 1) \exp[(r - a)^{-1}] \quad (r < a), \quad f_2(r) = 0 \quad (r \geq a);$$

$$f_3(r_i, r_j, r_k) = h(r_{ij}, r_{ik}, \theta_i) + h(r_{ji}, r_{jk}, \theta_j) + h(r_{ki}, r_{kj}, \theta_k),$$

$$h(r_{ij}, r_{ik}, \theta_i) = \lambda \exp[\gamma(r_{ij} - a)^{-1} + \gamma(r_{ik} - a)^{-1}] \left[\cos \theta_i + \frac{1}{3} \right]^2$$

$$(r_{ij}, r_{ik} < a)$$

$$h(r_{ij}, r_{ik}, \theta_i) = 0 \quad (r_{ij}, r_{ik} > a).$$

Здесь $\theta_i = \theta_{ijk}$, $A=7.049556277$, $B=0.602245584$, $\alpha=1.8$, $\lambda=21.0$, $\gamma=1.2$.

Для моделирования поверхности кремния использован стандартный метод молекулярной динамики. Расчетная ячейка включала 864 атома – 12 слоев по 72 атома в каждом (12×6 атомов в слое). Размер ячейки для данного исследования является достаточным, дальнейшее увеличение числа слоев существенно не влияет на конечные результаты при значительном увеличении времени расчета. В модели введены периодические граничные условия в двух направлениях. Первоначально атомы расчетной ячейки располагались в узлах идеальной кристаллической решетки кремния, их дальнейшие положения вычислялись из решения уравнений движения по алгоритму Верлета [4]. Шаг интегрирования 0.001 пс.

Результаты моделирования

Полученная с помощью потенциала Стиллинджера-Вебера модель реконструкции поверхности (001) Si подтверждает димерную модель перестройки атомов [2]. В модели при температурах до 800°K перестройки затрагивают только первый слой атомов на поверхности, смещения атомов остальных приповерхностных слоев незначительны. При дальнейшем увеличении температуры до 1000°K структурные дефекты распространяются до шестого приповерхностного слоя включительно.

При комнатных температурах преобладает структурная перестройка атомов первого слоя по типу 2×1 (рис.1а). При низких температурах наряду с симметричными димерами наблюдаются асимметрично наклонные и изогнутые димеры, а также одиноч-

ные ряды атомов (рис.1 *c,d*). С повышением температуры до 300°К число деформированных димеров значительно понижается, одиночные ряды атомов отсутствуют, практически отсутствуют изогнутые димеры. Полученные результаты в целом подтверждаются данными сканирующей туннельной микроскопии [1,7], однако, некоторые экспериментальные работы указывают на больший процент искаженных димеров (число симметричных димеров равно числу асимметричных) [8], что может быть связано с особенностями приготовления исходных поверхностей.

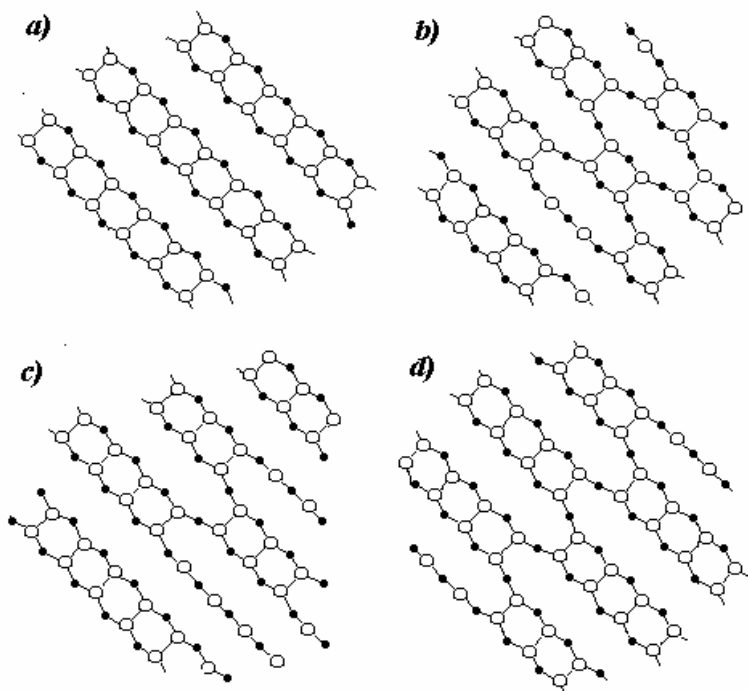


Рис. 1. Реконструкция поверхности (001)Si при моделировании методом молекулярной динамики с потенциалом Стиллинджера-Вебера. *a), b)* – температура 300°К, симметричная поверхность 2×1 (*a*). *c), d)* – температура 200°К, видны одиночные ряды атомов (*c*), изогнутые ряды димеров (*d*). Белые – атомы 1-го слоя, черные – атомы 2-го слоя.

Наблюдаемые углы поворота димеров не превышают 8° , что подтверждается *ab initio* расчетами, согласно которым искажения димеров на угол до 10° не приводят к повышению энергии системы [8]. В хорошем согласии с результатами сканирующей туннельной микроскопии находятся длины димеров, – интервал составляет 2.24–2.49 Å (СТМ результаты 2.22–2.47 Å [1]), средняя длина димеров 2.375 Å (данные о средней длине димеров разнообразны, достаточно полная таблица результатов приведена в обзоре [2]).

При температурах 600°–800°K нами наблюдаются области с реконструкцией 2×2 , наличие таких областей подтверждается дифракцией ионов He [2], к сожалению авторы эксперимента не уточняют температурный интервал, говоря о 2×2 реконструкции безотносительно к температуре.

Моделирование разупорядоченной поверхности (001) Si

Имеющиеся в данный момент теоретические модели Si (100) из *ab initio* расчетов и с использованием эмпирических потенциалов прогнозируют бóльшую симметрию поверхности, чем это наблюдается экспериментальными методами [9]. Две оборванные связи атомов поверхности (100) (в отличие от одной оборванной связи на поверхностях (111), (110)) делают ее реконструкцию более многовариантной и менее прогнозируемой. Модель димеров оставляет одну оборванную связь поверхностных атомов незаполненной, что не исключает дальнейшую химическую активность (001) Si поверхности. В связи с этим возникает ряд других моделей реконструкции поверхности (001) Si. Например, модели вакансий (т.к. при образовании вакансии атомы также имеют две незаполненные связи) или модель Нортрапа, в которой атомы второго слоя образуют димеры со структурой 2×1 , а атомы первого – цепочки адатомов над ними [1,2].

Потенциал Стиллинджера-Вебера, а так же ряд других потенциалов, разработанных из *ab initio* методов и имеющих подобную функциональную форму, характеризуются общей особенностью – их радиус обрезания меньший, чем расстояние до атомов второй координационной сферы. Как известно, атомы второй координационной сферы, хотя и в значительно меньшей степени, чем первой, но все же влияют на образование химической связи. Кроме того, расстояние между двумя поверхностны-

ми атомами такое же, как между атомом на поверхности и атомом третьего слоя. Поэтому для моделирования разупорядоченной поверхности предпочтение было отдано функциональной форме потенциала Китинга [6], который дает одни из наилучших результатов при исследовании объема кремния. В расчет включались четыре ближайших атома, по количеству связей кремния.

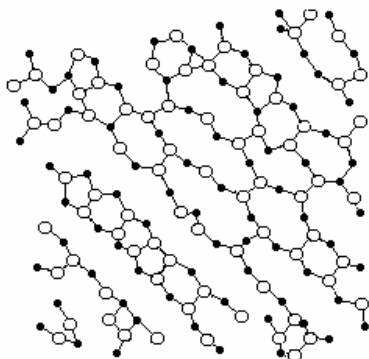


Рис. 2. Реконструкция первого слоя поверхности (001) Si при температуре 300°K. Белые кружки – атомы 1-го слоя, черные – атомы 2-го слоя.

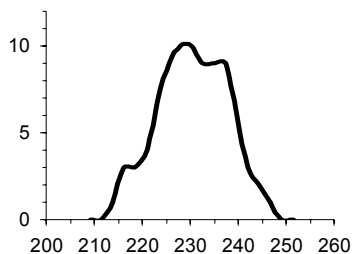


Рис.3. Распределение длин димеров в приповерхностных слоях.

Особенности модели состоят в следующем. Во-первых, в первом слое просматриваются разупорядоченные ряды димеров (рис.2). Средняя длина димеров 2.32Å (равновесное расстояние для Si равно 2.35Å), длины димеров находятся в интервале 2.215–2.49 Å (рис.3). Во-вторых, разупорядочение касается четырех приповерхностных слоев, – кривая радиального распределения атомов и распределение по углам связи напоминают аморфную фазу [10]. Четвертый слой после реконструкции сохраняет структуру 1×1. Даже при температуре 1000°K разупорядочение остается в рамках четырех слоев. В предыдущей модели с потенциалом Стиллинджера-Вебера высокие температуры приводили к разупорядочению шести верхних слоев, что говорит о большей устойчивости данной модели. В-третьих, суммарное количество незамкнутых связей сокращается вдвое по сравне-

нию с моделью димеров, что снижает химическую активность поверхности.

В разупорядоченной поверхности изменяется статистика n -членных колец (n -число атомов). Если в идеальном алмазоподобном кристалле наблюдаются только 6-ти членные кольца, а в модели димеров возникают пяти-членные кольца, то здесь статистика n -членных колец значительно разнообразнее. Встречаются кольца с n от 2 до 8, их удельный вес различен для каждого из приповерхностных слоев, участвующих в релаксации.

Сторонниками теории симметричной реконструкции поверхностного слоя выдвигается без математического доказательства тезис о том, что поверхностный слой должен иметь либо такую же трансляционную симметрию, как объем кристалла, либо симметрию низшего порядка, иначе взаимодействие объема и поверхности невозможно. Отсутствие трансляционной симметрии возможно лишь при отсутствии взаимодействия между ними [2]. Мы имеем случай, когда в первых трех слоях трансляционная симметрия практически отсутствует, а четвертый слой сохраняет симметрию близкую 1×1 . Исследование реконструкции атомов по слоям приводит к следующим выводам. В 3-м слое отсутствуют неспаренные связи, тогда как, например, в 1, 2 и 4-м слоях процент атомов, имеющих дефекты связи, колеблется от 10% до 18%. Третий слой является наиболее рыхлым, и искусственное его уплотнение (например, вследствие бомбардировки) приводило к ухудшению энергетических характеристик. Таким образом, третий слой выполняет функцию некоего демпфирующего слоя, связывающего верхние слои с объемом.

Радиационная стабилизация поверхности.

Одним из общих экспериментальных результатов является медленная скорость релаксации и сложность приготовления чистой (001) Si поверхности. Исходя из известных законов радиационной модификации кремния, мы предположили, что облучение нейтральными ионами с энергией порядка пороговой энергии дефектообразования E_d , может способствовать переходу структуры в энергетически более стабильное состояние.

Для исследования возможной роли низкоэнергетических нейтральных ионов на процесс релаксации поверхности, некоторым ее атомам задавались смещения, соответствующие энергии

налетающей частицы. Энергии ионов E_i выбирались из интервала (5 – 50) эВ. Число атомов, которым одновременно передавалась энергия налетающего иона выбиралось так, чтобы обеспечить экспериментально используемые потоки порядка $10^{16} \text{см}^{-2} \text{с}^{-1}$.

В результате наблюдалась ускоренная релаксация поверхности, улучшение структуры поверхности, что проявилось в увеличении числа 6-членных колец, и уменьшении удельного веса энергетически нестабильных колец. Экстремум изменения полной энергии поверхности совпал с энергией порога дефектообразования для $\langle 001 \rangle$ кристаллического Si направления $E_d^{\langle 001 \rangle} \approx 30$ эВ [10]. Энергетический выигрыш при этом составлял 0.08 эВ на атом. Бомбардировка энергиями выше 30 эВ приводила к возникновению структурных дефектов в 4, 5, 6-м слоях.

Полученные данные можно использовать для целенаправленной модификации поверхностей и прогнозирования их структурно-зависимых физических свойств. Обнаруженная ускоренная релаксация поверхности под пучком низкоэнергетических ионов указывает на возможность создания технологии радиационно-стимулированного формирования стабильных поверхностных структур.

Строгий физический подход к теории атомной структуры тел, наглядная демонстрация динамики поведения частиц и изменения характеристик системы в различных фазовых состояниях, возможность использования программы для самостоятельных исследований делают целесообразным использование модели в учебном процессе. Знакомить студентов с молекулярной динамикой имеет смысл на спецкурсах по физике твердого тела, при обучении студентов принципам компьютерного моделирования в физике.

Литература:

1. H.Neddermeyer *Scanning tunnelling microscopy of semiconductor surfaces*, Rep.Prog.Phys **59**(6), 701-769 (1996).
2. Бехштедт Ф., Эндерлайн Р. Поверхности и границы раздела полупроводников: Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 488с.
3. M.Z. Bazant, E. Kaxiras, *Environment-dependent interatomic potential for bulk silicon*, Phys.Rev, B **56**(14), 8542-8552 (1997).
4. Хеерман Д.В. Методы компьютерного эксперимента в

теоретической физике: Пер. с англ. / Под. ред. С.А.Ахманова. - М: Наука. Гл. ред. физ.- мат. лит., 1990. – 176 с.

5. F. Stillinger, T. Weber, *New interatomic potential for Si*, Phys. Rev. B **31**, 5262 (1985).

6. I. Ohdomari, H. Akatsu, *The structural models of the Si/SiO₂ interface*, Non-Cryst. Sol. **89** 239-248 (1987).

7. T. Yokoyama, K. Takayanagi, *Dimer buckling induced by single-dimer vacancies on the Si (001) surface near T_c*, Phys. Rev. B **56**(16), 10483-10487 (1997).

8. K. Inoue, Y. Moricawa, *Order-disorder phase transition on the Si (001) surface: Critical role of dimer defects*, Phys.Rev., B **49**(20), 14774-14777 (1994).

9. F.F. Abraham, I.P. Batra, *A model potential study of the Si (001) 2×1 surface*, Surface Science **163**, L752-L758 (1985).

10. Вавилов В.С., Кив А.Е., Ниязова О.Р. Механизмы образования и миграции дефектов в полупроводниках. – М.: Наука, Главная редакция физ.-мат. литературы, 1981. – 368с.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ АНОМАЛИЙ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТРУКТУРНО–НЕУПОРЯДОЧЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Е.П. Никонова

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

1. Введение. Структурно-неупорядоченные материалы – стекла, аморфные, поликристаллические, сильнолегированные и облученные материалы – проявляют ряд универсальных свойств, которые радикально отличаются от свойств кристаллов. К числу таких свойств относят линейную температурную зависимость теплоемкости и квадратичную температурную зависимость теплопроводности в области температур ниже 1К. Одна из причин их возникновения – в избыточной (по сравнению с дебаевской) плотности колебательных состояний, практически не зависящей от химической природы неупорядоченного материала. Универсальные свойства в области низких температур (1К) достаточно хорошо описываются в рамках модели двухуровневых систем (ДУС) предложенной Андерсеном, Гальпериным, Вармой и независимо Филлипсом. В рамках модели мягких атомных потенциалов (МАП) произведена классификация атомных возбуждений и рассчитаны явные энергетические зависимости плотности колебательных возбуждений в широком интервале температур.

Отсутствие трансляционной симметрии в неупорядоченных структурах приводит к характерным отличиям их физических свойств от свойств кристаллических аналогов. Одним из ярких примеров служит существование дополнительных низкоэнергетических колебательных мод, отождествляемых в ранних работах [1] с двухуровневыми системами (ДУС), возникающими в двухъямных потенциалах. Позже оказалось, что кроме ДУС имеются и другие (тоже дополнительные к кристаллическим) избыточные колебательные состояния [2], проявляющиеся при более высоких температурах.

В [3] была построена теория колебательных спектров стекол, основанная на учете статистических флуктуаций локальных упругих констант. Передав качественно универсальное поведение

$n(E)$, мы не конкретизировали явную энергетическую зависимость плотности состояний в области низких и промежуточных энергий. Кроме того, считалось, что в области ДУС $n(E) \approx \text{const}$. Однако, это не подтверждается экспериментами по измерению низкотемпературной теплоемкости [4], ширины бесфононных линий в примесных центрах [5], указывающих на слабую энергетическую зависимость $n \propto E^\mu$, $\mu=0.2-0.4$.

2. Возникновение квазилокальных возбуждений в модели мягких атомных потенциалов. В настоящее время модель мягких атомных потенциалов стала общепризнанной моделью стеклообразных материалов, достаточно полно учитывая их аномальные свойства (см., например, обзор [2] и ссылки в нем). Основная идея модели сводится к утверждению, что квазилокальные низкочастотные моды в стеклах описываются гамильтонианом мягкого ангармонического осциллятора

$$H = -\frac{\hbar^2}{2M} \frac{d^2}{dx^2} + V(x), \quad (1)$$

где M – эффективная масса осциллятора. Потенциальная энергия $V(x)$ имеет вид одномодового разложения

$$V(x) = \varepsilon_0 [\eta(x/a)^2 + t(x/a)^3 + (x/a)^4]. \quad (2)$$

Здесь a – характерный атомный размер, ε_0 – энергия, порядка энергии связи атомов стекла.

η , t – случайные величины, функции распределения которых для конкретных материалов получены в [6].

Характерными параметрами модели являются величины η_L и W . Первый характеризует масштаб безразмерной величины η . Значений W определяет масштаб энергий в потенциале (2) при

$$\eta=t=0: \eta_L = \left(\frac{\hbar^2}{2M} a^2 \varepsilon_0\right)^{1/3} \approx 10^{-2}, W/k = \varepsilon_0 \eta_L^2 \approx 5K.$$

При $\eta, t \ll 0$ модель МАП является моделью ДУС с расстояниями между наименьшими уровнями $E \ll W$ и высотой барьера V_b между минимумами $V_b = W/4 (\eta/\eta_L)^2$. Другому предельному случаю $E \gg W$ в модели МАП отвечают два вида возбуждений. В одноямных потенциалах возникают квазилокальные гармонические потенциалы с быстро растущей плотностью состояний. В двухъямных асимметричных потенциалах при достаточно высо-

ком барьере V_b в кинетических явлениях при $kT \gg W$ наиболее важными становятся не переходы между уровнями в одной яме, а термоактивационные переходы между ямами. Они названы релаксационными системами [2]. В промежуточной области энергий $E \geq W$ существенны возбуждения одноямных и слабо неоднородных ангармонических осцилляторов, отвечающие переходам между несколькими нижайшими уровнями энергии.

3. Модельные расчеты плотности колебательных возбуждений. Энергетический спектр в потенциале (2) определяется путем численного решения с Гамильтонианом (1).

Плотность состояний квазилокальных возбуждений находилась как количество состояний в энергетическом интервале $(\tilde{E} = W\tilde{E})$. Результаты расчетов представлены на рис. 1.

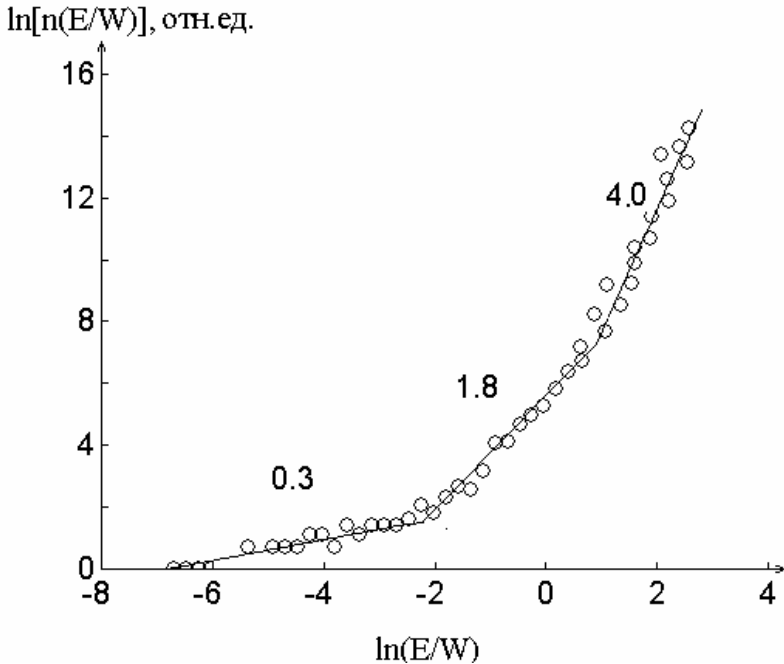


Рис. 1. Плотность состояний низкоэнергетических возбужденных состояний. Цифры показывают степени μ в выражении $n(E) \propto E^\mu$.

С ростом энергии резко возрастает концентрация гармонич-

ческих осцилляторов и их уже нельзя рассматривать независимо друг от друга. Поскольку изложенная выше расчетная схема не позволяет учесть такое взаимодействие, воспользуемся методами, развитыми в теории динамики решетки [7].

Известно [8], что наилучшим приближением для спектральных характеристик неупорядоченной системы служит метод когерентного потенциала. Припишем каждому узлу системы эффективный потенциал $\sigma(\varepsilon)$, где $\varepsilon = (\hbar\omega)^2$. Роль узельных возмущений играют величины $U_\alpha - \sigma$. $U_\alpha(\hbar\omega)$ – узельный псевдопотенциал, зависящий от энергии. Самосогласованное условие для определения $\sigma(\varepsilon)$ состоит в том, что среднее по ансамблю значение t -матрицы равно нулю:

$$\langle t \rangle = \left\langle \frac{U_\alpha - \sigma}{1 - (U_\alpha - \sigma)P(\varepsilon - \sigma)} \right\rangle = 0, \quad (5)$$

т.е. система ведет себя как эффективно-когерентная.

Узельная функция Грина

$$P(\varepsilon - \sigma) = \int_0^\infty d\varepsilon' \frac{g(\varepsilon')}{\varepsilon - \varepsilon' - \sigma(\varepsilon)}, \quad (6)$$

входящая в (5), сама содержит σ . Поэтому выражения (5), (6) представляют собой систему 4-х уравнений (по два для действительной и мнимой частей) с неизвестными $Re\sigma$, $Im\sigma$, ReP , ImP . Их и следует находить для каждого значения ε .

Получаемая система нелинейных интегральных уравнений решалась численно градиентным методом [9] для потенциала U вида

$$U = \varepsilon\varepsilon_0 / (\varepsilon - \varepsilon_0), \varepsilon_0 = \hbar^2 k / M, \quad (7)$$

k – силовая постоянная. Затравочное распределение гармонических осцилляторов выбиралось в форме:

$$n_0(\varepsilon) \propto C \frac{1}{\varepsilon_D^2} \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_D} \right)^{3/2}, C = const. \quad (8)$$

Зависимость (8) следует из распределения квазиупругих констант, полученных нами ранее путем компьютерного моделирования реальных аморфных структур [6].

Плотность состояний когерентной среды считалась дебаевской:

Для вычисления плотности состояний использовалось выражение [3]

$$n(\varepsilon) = \frac{1}{\pi} \operatorname{Im} \left\langle P(\varepsilon - \sigma) \left(1 - \frac{dU/d\varepsilon}{1 - (U - \sigma)P(\varepsilon - \sigma)} \right) \right\rangle. \quad (9)$$

Результаты расчетов изображены на рис.2 в виде зависимости $g(\nu)/\nu^2$ от $\nu_h = \nu/\nu_m$, а ν_m – частота максимума в плотности состояний. Здесь же для сравнения приведены аналогичные зависимости для $\text{Mg}_{70}\text{Zn}_{30}$ [11].

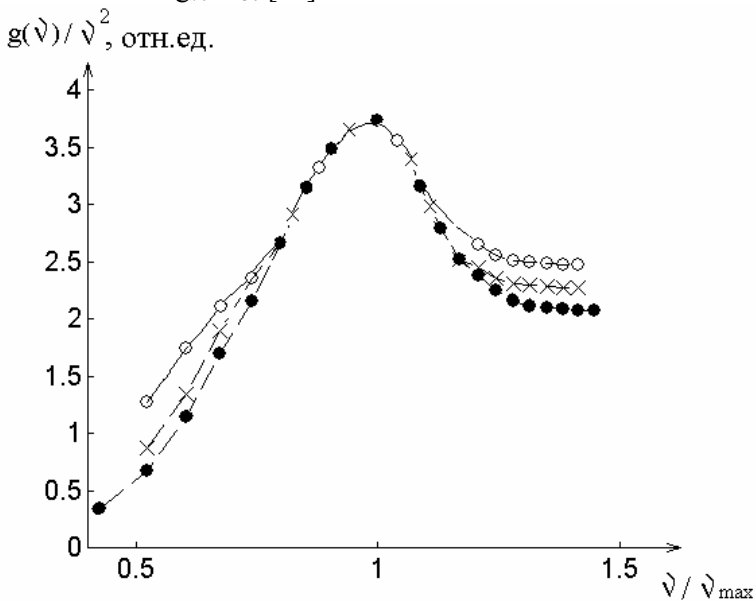


Рис.2. Низкоэнергетические спектры стекол в масштабе, нормированном на ν_m . о - в α - SiO_2 , х - в α - Ge, • - расчет методом когерентного потенциала.

4. Временная зависимость низкотемпературной теплоемкости. Известно, что низкотемпературная теплоемкость C структурно-неупорядоченных материалов – стекол, аморфных веществ – имеет аномалии [4]. Так для температурной зависимости вместо дебаевского закона $C(T) \propto T^3$ в области температур $T \leq 1\text{K}$ имеет место зависимость $C \propto T^{1+\mu}$, где $\mu \approx 0.3 - 0.4$, а в области температур $T \approx 10\text{-}20\text{K}$ наблюдается избыточная по сравнению с дебаевской теплоемкость. Первая аномалия находит объяснение

в рамках теории двухуровневых систем (ДУС), возникающих в двухъямных потенциалах [1-4]. Согласно этой теории в рассматриваемых структурах имеют место атомы и группы атомов, которые могут находиться в двух устойчивых положениях равновесия, разделенных барьером. При низких температурах этот барьер преодолевается путем квантовомеханического туннелирования.

Если предположить, что плотность ДУС $n(E)$ постоянна, то имеем $C \propto T$. Происхождение зависимости $C \propto T^{1+\mu}$ окончательно не выяснено. Пик в зависимости C/T^3 связан со спецификой плотности высокоэнергетических возбуждений [4] и его обсуждение не входит в цели нашей работы.

Кроме температурных аномалий C имеет аномальную зависимость от времени эксперимента [5,6]. Если $n(E) = const$, то $C(t)$ - слабая логарифмическая зависимость от времени. Эксперимент же указывает на значительно более сложную зависимость (рис.3).

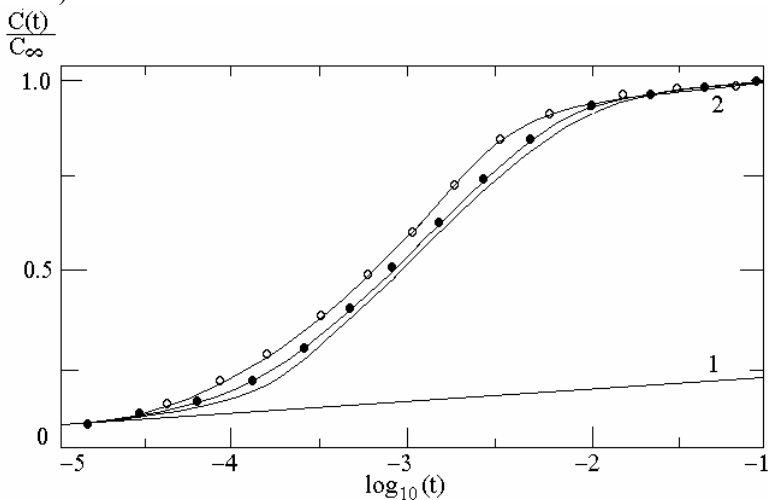


Рис.3. Изменение низкотемпературной теплоемкости ДУС с течением времени: 1 – в стандартной модели ДУС, 2 – эксперимент сплошная кривая – данные расчетов

В настоящей работе аномалии как температурной, так и временной зависимостей C интерпретированы с единых позиций. Если учесть получаемую из расчетов энергетическую зависимость плотности ДУС $n(E) \propto E^3$, упомянутые аномалии становятся

ся естественными зависимостями.

5. Расчет зависимости теплоемкости от времени. Рассмотрим систему ДУС с энергетическими расщеплениями (расстояниями между наименьшими уровнями энергии) $E \equiv E_{12}(\eta, \theta)$. Здесь η, θ – случайные нескоррелированные величины одномерного разложения потенциальной энергии двухъямного потенциала (2). Функции распределения параметров η и t найдены в [6].

На рис.4 показана поверхность постоянной энергии $E \equiv E_{12}(\eta, \theta)$, полученная из решения уравнения Шредингера с потенциалом (2). Очевидно, что ДУС распределены неравномерно: состояниям с наименьшими расщеплениями отвечают значения η, t , реализуемые при $\eta = 0$ и вдоль отчетливо заметных “желобов”.

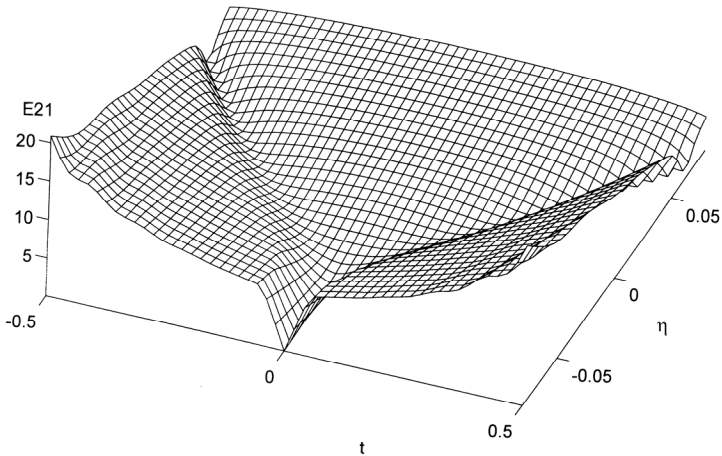


Рис.4. Зависимость энергии ДУС от параметров потенциала η и t .

Запишем энергию, запасенную системой ДУС в виде

$$E(T, t) = \langle \Phi(\eta) F(t) E(\eta, t) n(E, T, t) \rangle. \quad (10)$$

Усреднение в (10) производится по η, t с распределениями $\Phi(\eta)$ и $F(t)$.

Заселенность верхнего уровня ДУС n найдем из уравнения

$$\frac{\partial n}{\partial t} = -\frac{n - n_0}{\tau}, \quad (11)$$

где $n_0 = 1/[1 + \exp(E/T)]$ – равновесная заселенность ДУС с расщеплением E при температуре T . Время релаксации ДУС за счет однофононных процессов дается выражением [1]:

$$\frac{1}{\tau} = \frac{\Delta_0^2 E \gamma^2}{2\pi \rho \hbar^4 v^5} \coth \frac{E}{2T} \quad (12)$$

В (12) γ – деформпотенциал ДУС, ρ – плотность стекла, v – скорость звука. Δ_0 – так называемое туннельное расщепление, связанное с энергией ДУС и асимметрией двухъямного потенциала Δ соотношением $E = \sqrt{\Delta_0^2 + \Delta_0}$.

Решение (11) запишем в виде

$$n = n_0 + (n(0) - n_0) \exp(-t/\tau), \quad (13)$$

где $n(0)$ – заселенность верхнего уровня ДУС в момент времени $t=0$.

Окончательно, искомую зависимость получим из выражения

$$C(T, t) = \frac{\partial}{\partial T} [E(T, t)]. \quad (14)$$

Результаты расчетов и сравнение с экспериментальными данными приведены на рис.3.

6. Обсуждение результатов моделирования. Результатом рассчитанной плотности состояний на рис.1 есть установление зависимости плотности ДУС вида $n(E) \propto E^\mu$, где $\mu \approx 0.3$. Это позволяет интерпретировать многочисленные экспериментальные данные по измерению временной и температурной зависимости теплоемкости [4,12], ширины бесфононных линий в примесных центрах [5]. Впервые также получено численное решение для плотности состояний гармонических осцилляторов. Возрастание их плотности пропорционально четвертой степени энергии соответствует теоретическим предсказаниям модели МАП [2].

Расчеты методом когерентного потенциала позволили учесть взаимодействие гармонических осцилляторов и воспроизвести универсальный характер плотности состояний (рис.2). Как видно из рисунка 2, форма пика в разных материалах одинакова. Это свидетельствует о том, что обсуждаемые аномалии обусловлены

универсальными закономерностями в структуре стеклообразных материалов [13]. Удовлетворительное согласие экспериментальных кривых с кривой, полученной из численных расчетов, говорит в пользу того, что взаимодействующие гармонические осцилляторы отвечают за форму пика.

Отметим, что подобная универсальность наблюдается и в спектрах комбинационного рассеяния света в стеклах [14]. Избыточная плотность состояний приводит к возникновению в спектрах рассеяния света так называемого бозонного пика. В [15] показано, что форма бозонного пика в координатах, нормированных на частоту максимума, одинакова в широком ряде стекол. Природа бозонного пика также хорошо описывается в модели МАП [14]. Основные результаты работы сводятся к следующим утверждениям: низкоэнергетический спектр структурно-неупорядоченных материалов можно найти из уравнения Шредингера с потенциалом (2) и функциями распределения параметров η и t ; плотность состояний ДУС не постоянна, а имеет слабую энергетическую зависимость $n(E) \propto E^{-\mu}$ ($\mu=0.3$); как температурная, так и временная зависимости низкотемпературной теплоемкости определяются энергетической зависимостью плотности ДУС: $C \propto T^{1+\mu}$, а $C(t)$ – немонотонно меняется со временем.

В рамках единого подхода модели мягких атомных потенциалов построена теория низкоэнергетических колебательных состояний в неупорядоченных материалах. Полученные плотности атомных возбуждений дают возможность интерпретировать широкий класс универсальных аномалий физических свойств этих веществ. Таким образом, удастся удовлетворительно описать поведение временной и температурной зависимости теплоемкости в стеклах и аморфных структурах.

Результаты работы могут быть использованы в курсах “Физика”, “Физика твердого тела”, “Физика полупроводников”, а также на факультативных занятиях.

Литература.

1. Anderson P.W., Halperin B.I., Varma C.M. // Phil. Mag. 1972. V.25. P.1; Phillips W.A. // J.Low Temp. Phys. 1972. V 7. P.351
2. Паршин Д.А. //ФТТ. 1994. Т.36. С. 1809.
3. Гальперин Ю.М., Карпов В.Г., Соловьев В.Н.// ЖЭТФ. 1988.

Т.94. С.373

4. Phillips W.A. // Rep. Prog. Phys. 1987. V.50. P.1657
5. Silbey R., Kassner K. // J.Lumin. 1987. V.36 P.283
6. Дядына Г.А., Карпов В.Г., Соловьев В.Н. //ФТТ. 1990. Т.32. С.2661
7. Косевич А.М. Физическая механика реальных кристаллов. К.: Наукова думка, 1981
8. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. М.:Физматиз, 1963
9. Gil L., Ramos M.A., Bringer A., Buchenau U.// Phys. Rev. Lett. 1993. V.70. P.182
10. Van de Straat D.A., Baak J., Brom H.B., Schmidt Th., Völker S. // Phys Rev. B. 1996. V.53. P.2179
11. Землянов М.Г., Малиновский В.К., Новиков В.Н., Паршин П.П., Соколов А.П. // Письма в ЖЭТФ. 1989. Т.49. С.521.
12. Brodin A., Fontana A., Börjesson L., Carini G., Torell L.M. // Phys. Rev. Lett. 1994. V. 73. P.2067
13. Malinovsky V.K., Novirov V.N., Sokolov A.P. // Phys. Lett. A.1987. V.123. P.19
14. Gurevich V.L., Parshin D.A., Pelous J., Schober H.R. // Phys. Rev. B.1993. V.48. P.16318

Розділ II

Нові технології навчання фізики, математики та інформатики

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСА ИНФОРМАТИКИ В ВУЗЕ НА БАЗЕ СЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В.Л. Малорян, О.В. Крапивная, В.С. Озийчук
г. Одесса, Южно-Украинский государственный педагогический университет

Использование сетевых технологий в вузе не просто веяние моды, а актуальная необходимость. Компьютерные аппаратно-программные системы подвергаются в процессе эксплуатации весьма жесткому и агрессивному воздействию со стороны студенческой среды. Организация сети позволяет централизовать и упростить поддержание целостности используемых систем. Другим немаловажным фактором является снижение совокупной стоимости приобретения и поддержания компьютерного класса. Наконец, использование сетевых технологий открывает широкие возможности обновления и актуализации всех разделов курса информатики.

В условиях отсутствия централизованного финансирования модернизация компьютерных классов представляет нелегкую, но все же доступную задачу. Наша кафедра прикладной математики и информатики начала такую работу 2 года назад в условиях нерегулярного финансирования на эти цели небольшими порциями. Объектом модернизации был выбран лучший к тому моменту из учебных классов – класс на базе 15 компьютеров “Пошук-2” с процессорами 8088, 1 Мб ОП, 20 Мб MFM HDD. Он был разбит на 2 класса, компьютеры одного из них были оснащены недорогими материнскими платами LuckyStar с BootROM, процессорами AMD K5-75 Мгц с 8 Мб ОП, без жестких дисков и дисководов. Эти компьютеры были соединены сетью Ethernet на тонком коаксиальном кабеле с сервером Novell Netware 3.12, с которого и производилась их удалённая загрузка в MS DOS. При этом была достигнута экономия за счет использования старых мониторов, корпусов, клавиатур и прочих компонентов. Эксплуатация полученного сетевого класса показала следующие его преимущества:

легкость обслуживания, поскольку оно практически цели-

ком сосредоточено теперь на сервере, который в техническом отношении отличался от рабочих станций только наличием жесткого диска Maxtor 500 Мб, дисководов для гибких дисков и CD ROM;

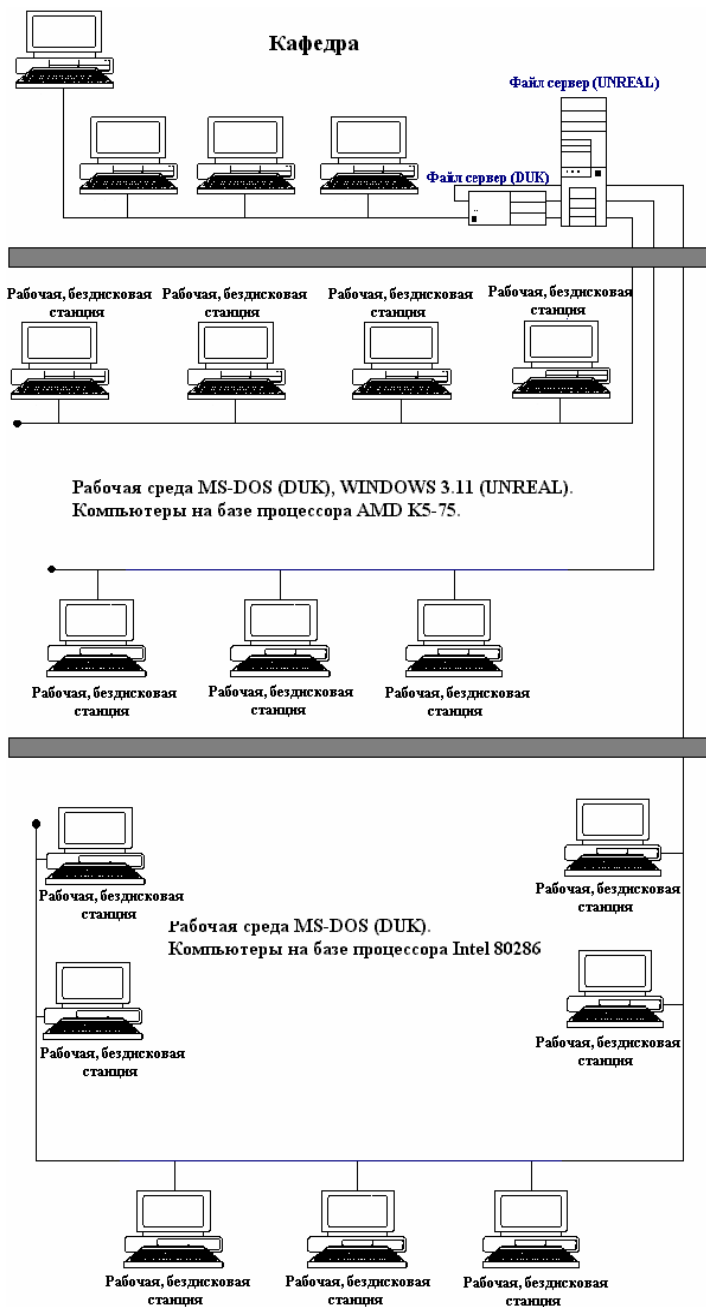
устойчивость и надежность работы, в частности, практически полностью система лишена источников возможных вирусных атак;

единообразие учебного ПО;

простота организации электронного диалога “студент-преподаватель”.

Кроме того, студенты и преподаватели получили возможность изучения современных сетевых средств, открылись возможности использования и изучения разнообразных операционных систем, что допускается СОС Netware [1]; средствами конфигурирования СОС была обеспечена защита системного и прикладного ПО общего пользования от несанкционированного доступа.

Год спустя после установки сервера Netware 3.12, который был ориентирован на работу в среде MS-DOS, была начата работа по организации удаленной загрузки Windows. С этой целью был создан дополнительный сервер Netware 4.11 с процессором Intel Pentium–233 MMX и 64 Мб ОП, жестким диском Fujitsu 3.2 Gb, произведено наращивание ОП на рабочих станциях до 16 Мб. Однако попытки добиться удаленной загрузки Windows 95 с бездисковых станций закончились безрезультатно. С другой стороны, работа в среде Windows NT хотя и возможна, но происходит с большими задержками по времени. В связи с этим, в качестве компромисса, была организована удаленная загрузка вполне надежной ОС Windows 3.11. Кроме того, был переоборудован второй класс компьютеров на базе процессоров 80286, который тоже работал на удалённой загрузке от старого сервера. Мы совместили два сервера таким образом, что класс с компьютерами на базе процессоров AMD K5-75 мог работать как в среде MS-DOS (удалённая загрузка с Netware 3.12), так и WINDOWS 3.11 (удалённая загрузка Netware 4.11), для этого студентам достаточно было выбрать из меню соответствующий пункт.



На предыдущей странице приведена схема полученной сети. Файл-сервер DUK – Netware 3.12, а файл-сервер UNREAL – Netware 4.11. На схеме видно, что в единую сеть включено и несколько компьютеров кафедры. Это упрощает подготовку, проверку и внедрение электронных учебно-методических материалов, позволяет теснее увязывать и сочетать научную и учебную деятельность. Более того, как показала практика, сетевые компьютеры и студенты теперь естественным образом включаются в административно-управленческую деятельность, что имеет, на наш взгляд, больше положительных, чем отрицательных сторон.

При скорости передачи данных в сети Ethernet на тонком кабеле до 10 Мбит/сек, она существенно проще и дешевле, чем на толстом. Действующие ограничения на размер такой сети не слишком жесткие [2]: максимальная длина сегмента 185 м, максимальное количество сегментов в сети – 5, максимальное количество станций, подключенных к одному сегменту – 30.

Сетевая операционная система (СОС) Novell NetWare 386 версий 3.12 и 4.11 представляет собой 32-разрядную многозадачную операционную систему реального времени, работающую в защищенном режиме 386-го процессора. NetWare 386 является СОС с централизованным управлением, ее особенностью является возможность динамической загрузки драйверов дисковых устройств и сетевых адаптеров. Кроме драйверов, можно загружать и сразу запускать программы, выполняющие те или иные функции обслуживания сервера и сети. Множество таких программ (NLM-модулей) работают параллельно в мультизадачном режиме. Важным свойством NetWare является также ее прозрачность для ОС, функционирующих на рабочих станциях.

Внедрение локальной сети позволило модернизировать не только технику, но и читаемые учебные курсы, а также ввести новые. Это, прежде всего, относится к курсам “Программирование”, “Базы данных и информационные системы”, “Операционные системы”, спецкурсам “Системы передачи данных” (основы Интернет), “Сети”, “Visual Basic”, “Delphi”.

Закономерным свойством современных технологий является их саморазвитие, поэтому логичным заключением вышеизложенного выглядит “новость последней минуты” – с 29 марта 1999 года на рабочих станциях успешно функционируют

Windows 95/Office 97.

Литература:

1. Фролов А. В., Фролов Г. В. Локальные сети персональных компьютеров. *Работа с сервером Novell NetWare*, сер. БСП, т.9, М., Диалог-МИФИ, 1995.
2. Гусева А. И. Работа в локальных сетях NetWare 3.12 - 4.1, Учебник, М., Диалог-МИФИ, 1996.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ КОНТРОЛЕ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ

А.С. Зеленский, Л.Л. Жукова, С.В. Баран
г. Кривой Рог, Криворожский экономический институт

В высшей школе проблема текущего контроля знаний студентов является весьма актуальной. При этом целесообразно использование компьютеров, позволяющих повысить эффективность и объективность контроля знаний. Одним из основных способов текущего контроля знаний студентов является тестирование. Тестирование (от английского слова - испытание, проверка) - это метод психодиагностики, применяемый в социологических исследованиях, а также метод оценки индивида по уровню его способностей. Начало развития современной тестологии связано с именем французского врача Бине, который в соавторстве с Симоном разработал шкалу умственного развития, известную под названием "тест Бине-Симона". Тесты делятся на тесты достижений и личностные. К первым относятся тесты интеллекта, успеваемости, тесты на творчество, тесты на способности. Ко вторым - тесты на интересы, на темперамент, тесты оценки характера.

В настоящее время много личностных тестов реализовано на компьютерах. Основными поставщиками таких всемирно известных программ являются США, Франция, Германия и Япония. Эксплуатация таких программ достаточно проста. В основном проверяемый отвечает на поставленные вопросы и по ответам оценивается интерес, темперамент и черты характера. В зависимости от степени объективности личностные тесты проводятся от 10 минут до 2-3 часов. В этих программах реализованы последние достижения тестирования как сложившегося научного направления в тесной связи с математикой, медициной, психологией и социологией. Что касается тестов достижений, предназначенных для оценивания индивида как специалиста, то здесь нет универсальных программ в силу многочисленных направлений и уровней требования. Как правило, такие программы разрабатываются для конкретных условий.

Авторами данной статьи была разработана программа контроля знаний в операционной системе Windows 95 с использованием языка Borland C++ 4.0. При этом используются преимущества операционной системы Windows 95 в работе с графическими объектами, текстами, списками и т.д. Эксплуатация данной программы максимально упрощена и приближена к пользователю. Работа разработанного приложения выполняется в двух основных режимах: “Подготовка данных” и “Контроль знаний студентов”.

В режиме “Подготовка данных” преподаватель формирует базу данных: вводит заранее подготовленные вопросы, ответы к ним, а также оценки ответов. Количество вопросов и ответов на них неограниченно. При этом предусмотрено конвертирование данных. Преподаватель может подготовить вопросы и ответы в любом текстовом редакторе, а затем из текстового файла сформировать базу данных. Настоящая программа является более совершенной версией ранее разработанных программ в операционной системе MS DOS с использованием языков FORTRAN и CLIPPER. Кроме обновления программного обеспечения изменена структура базы данных. Предусмотрена возможность переноса информации из баз данных, сформированных предыдущими версиями. Основные трудозатраты приходятся на формирование баз данных. Затем они могут быть многократно использованы при контроле знаний.

В разработанной программе было реализовано одно из важных достижений современной тестологии: при получении тройки или четверки по отдельному вопросу студент может повысить данную оценку путем ответа на дополнительный вопрос. Это получило название в задаче - детализация.

В режиме “Контроль знаний” преподаватель выбирает необходимую базу данных. Затем вводится фамилия студента и количество вопросов, на которые необходимо ответить. Вопросы выбираются из базы данных случайным образом, а варианты ответов в каждом вопросе также выбираются в случайном порядке. Контроль может быть «общим» или «последовательным». При «общем» контроле на экран выводятся одновременно вопрос и ответы. Студент по каждому вопросу выбирает номер ответа. Второй метод более сложный. Здесь на поставленный вопрос

ответы выводятся последовательно случайным образом строго по одному. Основная сложность заключается в том, что студент должен выбрать ответ, не зная оставшихся. Преподаватель может установить время для ответа на вопрос или общее время контроля знаний.

Оценка знаний определяется по проценту правильных ответов с использованием формулы:

$$PO = \frac{\sum_{i=1}^{KV} B_i}{3 \times KV} \times 100,$$

где PO - процент правильных ответов;

KV - количество вопросов, на которые отвечал студент;

B_i - балл i -го вопроса (если оценка "2" или ниже - 0 баллов, "3" - 1 балл, "4" - 2 балла, "5" - 3 балла).

Процент правильных ответов окончательно определяет результат тестирования. Каждой оценке соответствует диапазон процента правильных ответов, который можно установить в пакете. Предлагается оценивать следующим образом: "2" - менее 50%, "3" - 50-70%, "4" - 70-90%, "5" - более 90%. Кроме контроля знаний, предусмотрен режим обучения. Суть его состоит в том, что после ответа на очередной вопрос указывается правильный ответ.

При работе с пакетом важно, чтобы результаты были объективными. Это зависит, прежде всего, от преподавателя, определяющего количество и качество вопросов и ответов. По этому поводу можно дать следующие рекомендации: число вопросов должно быть не менее 10 и составлять не более 20% из всех имеющихся в базе, число ответов на вопрос от 5 и более. Используя теоремы сложения и умножения вероятностей, можно оценить вероятность того, что неподготовленный студент получит удовлетворительную оценку. В качестве примера приведем следующие исходные данные: число вопросов равно 10, число ответов на каждый вопрос равно 5. При этом один из ответов правильный и оценен на "отлично". Тогда вероятность получения тройки при 50% правильных ответов составит 0,006, то есть из 167 двоечников "проскочить" может только один. Значительно важнее другой фактор. Если одной базой пользоваться несколько лет или провести тестирование в течение малого отрезка

времени большое число групп студентов, то снижается объективность контроля. Для этого необходимо обновлять базу, увеличивая число вопросов и ответов, что позволяет практически исключить случайность.

Опыт эксплуатации программы показал ее высокую надежность, эффективность и универсальность. Большое внимание уделено эстетическому оформлению. Здесь можно настраивать цвета, выбирать шрифты, имеется детальная контекстная помощь.

ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОГРАММИРОВАНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ ШКОЛЬНОГО КУРСА ИНФОРМАТИКИ

С.В. Диордиенко, В.Л. Малорян

г. Одесса, Южно-Украинский государственный педагогический университет

Анализ эволюции представлений о целях, задачах, содержании школьного курса информатики, (см. [1-5] и др.), позволяет зафиксировать наличие «крайних» точек зрения, которые можно свести к следующим основным позициям:

- в школьной информатике главное - научить школьника *общению с компьютером* и работе с готовыми программами;

- информатика - это программирование, поэтому главное в курсе - это изучение *языка программирования* для формирования навыков *алгоритмического стиля мышления*;

- информатика - это наука, и изучать информатику в школе надо *как науку*, раскрывая ее фундаментальные понятия.

Каждая из этих позиций, порождает свою систему целей и задач обучения информатике. Содержательные линии курса информатики таковы (см., например, [5]):

информация и ее представление средствами *языка*;

моделирование как основа решения задач с помощью *ЭВМ*;

алгоритмы и языки программирования как средства решения задач с помощью *ЭВМ*;

основные принципы *устройства и работы ЭВМ*.

Первоначально направленность курса информатики определялась задачами использования технологий обработки информации. Отсюда (предложенная А.П. Ершовым и В.М. Монаховым) ориентация содержания этого курса на анализ деятельности пользователя ЭВМ, а также – характерная для того времени программистская направленность курса. Позднее, С. А. Бешенковым и другими отмечена следующая тенденция: «методическая система обучения информатике претерпевает существенные изменения. Если вначале курс был однозначно ориентирован на изучение алгоритмов, программирования и информационных технологий, то теперь важнейшим моментом становится формирова-

ние мировоззрения, основанного на системно-информационном подходе» [6]. Однако, по мере оснащения школ компьютерами, а также с появлением развитого программного обеспечения, начался массовый переход к пользовательским курсам информатики. Предпринимаются попытки совместить все мыслимые приложения компьютерной техники, что при двухгодичном обучении в 10-11 классах выливается в распухший курс «понемногу обо всем». Чем же обосновывается эта подмена? Во-первых, доля учеников, не преодолевающих барьер алгоритмизации и программирования, составляет 20-60% всех учеников [7], во-вторых, это ответ на социальный запрос, связанный с бизнес-приложениями ВТ.

Таким образом, появление информатики в учебном плане средней школы было инициировано потребностью подготовки подрастающего поколения к практической деятельности в условиях внедрения компьютеров в производство. Действительная же причина, *общеобразовательная значимость изучения области действительности, связанной с информационными процессами*, до сих пор так и остается не осознанной до конца. Превращение ученика школы в квалифицированного пользователя – не единственная и не первейшая задача школы!

Общее образование дает знания, умения и навыки, необходимые каждому человеку независимо от его будущей специальности. Оно вооружает учащихся совокупностью систематизированных знаний основ наук о природе, обществе и мышлении. Какие же цели должно преследовать преподавание информатики в школе? Во-первых, информатика должна развивать алгоритмическое мышление, во-вторых – изучать содержательные адаптированные понятия и методы информатики как науки, в-третьих – формировать адекватные представления о современной информационной реальности. Сегодня исключение раздела алгоритмизации и программирования из школьной информатики поставило бы под вопрос решение как общеобразовательных задач, *задач ознакомления с основными положениями и понятиями информатики*, так и подготовку не только *специалистов* в области информатики, но даже и *квалифицированных* пользователей.

Иногда цель изучения информатики в школе напрямую отождествляют с формированием *алгоритмического мышления*, то

есть со способностью строить, исполнять, а также анализировать выполнение алгоритмов. Крайность такого подхода демонстрирует использование выражения «компьютерная культура». Подразумевается, что компьютер порождает общекультурный феномен, «простому» человеку недоступный. Но для любого непредвзятого наблюдателя очевидно, что нужно не снижать культурный уровень человека до уровня, диктуемого компьютером, а напротив, последовательно поднимать развитие технологий, связанных с использованием компьютера до уровня человека. Не подстраивать мышление человека к принципам действия компьютера, а приближать работу компьютера к тому, как мыслит человек.

Трудности, с которыми устойчиво сталкивается педагог при обучении алгоритмизации заставляют задуматься, существует ли какая-то другая методика преподнесения материала? Как данный курс адаптировать к мышлению учеников?

Несомненный прогресс программирования при переходе от процедурных к модульным и объектным технологиям, привел сегодня к повсеместному применению компонентных технологий. Если объект – это фрагмент программного кода или спецификация, то компонент – это не просто спецификация, а готовый к работе программный модуль, представляющий непосредственную ценность для конечных пользователей. Для сборки приложений из подобных компонентов разрабатываются специальные технологии, такие как OLE и ActiveX, COM и OpenDoc. Интересным применением технологии компонентного программирования стали компонентные прикладные среды, позволяющие свести к минимуму сложности освоения библиотек классов и реализовать повторное использование крупных программных фрагментов, уже имеющих полезные потребительские свойства.

Исторически развитие школьной информатики следует за общим развитием вычислительной техники и ее программного обеспечения, отставая примерно на одно поколение. Это обстоятельство не случайно, а закономерно: школьная информатика, как прикладная наука, развивается по пути осознания результатов, достигнутых в фундаментальной науке, их апробирования и оптимальной адаптации к возможностям учеников и целям системы образования.

Глубокое изучение новейших технологий программирования в общеобразовательной школе практически невозможно ввиду крайней ограниченности предусмотренного программой количества часов. Каков же выход? На наш взгляд, оптимальный ответ на данный вопрос был дан в 1995 году коллегией Министерства образования Российской Федерации при переходе к новой структуре обучения информатике в школах. Выделяются три основных этапа обучения.

Первый этап (I-VI классы) – пропедевтический. На этом этапе происходит первоначальное знакомство школьников с компьютером, формируются первые элементы информационной культуры.

Второй этап (VII-IX классы) – курс основной школы (базовый), обеспечивающий обязательный общеобразовательный минимум подготовки школьников по информатике.

Третий этап (X-XI классы) – продолжение образования в области информатики как профильного обучения, дифференцированного по объему и содержанию в зависимости от интересов, склонностей и направленности допрофессиональной подготовки учащихся.

Обратим теперь внимание на курс информатики в классах с углубленным изучением. На наш взгляд, здесь *целесообразно* изучать новые технологии программирования. Сегодня во многих классах с углубленным изучением информатики структурный подход является основной преподаваемой технологией программирования. Конечно, приступить сразу, не зная основ алгоритмизации, к изучению объектно-ориентированного подхода достаточно сложно. Но для классов с углубленным изучением информатики изучение компонентного программирования на базе объектно-ориентированного имеет *принципиальное* значение, поскольку на этом материале формируется соответствующий стиль мышления.

Какое место может занять эта технология в учебном материале неспециализированных классов? Изучение алгоритмического языка на втором этапе позволит сформировать алгоритмическое мышление, а на третьем можно изучать компонентное программирование в поверхностном варианте, собственно оно не будет программированием, как таковым. Процесс обучения бу-

дет, скорее, напоминать игру с конструктором. Используя визуальные среды программирования, задавая свойства компонентов, ученики могут непосредственно управлять поведением объектов, в результате чего решается важная дидактическая проблема – преодоление в их сознании барьера между восприятием явлений реального мира и восприятием абстрактных моделей, формируемых и управляемых с помощью компьютера.

Подведем некоторые итоги. Раздел «Алгоритмизация и программирование» должен существовать в школьной информатике, прежде всего, как средство решения общеобразовательных задач. Барьер, связанный с этим разделом будет преодолен тем успешнее, чем раньше произойдет первое столкновение с ним. Новые технологии программирования, в частности компонентная, могут углубленно изучаться только в специализированных классах, но в прикладном аспекте они окажут существенную помощь и в обычной школе.

Литература:

1. Бешенков С. А. Школьная информатика: новый взгляд, новый курс //Педагогическая информатика, №2, 1993.
2. Ершов А.П. Как учить программированию // Микропроцессорные средства и системы, №1, 1986.
3. Ершов А. П. Школьная информатика в СССР: от грамотности к культуре //Информатика и образование, №6, 1987.
4. Зайдальман Я. Н., Самовольнова Л. Е., Лебедев Г. В. Три кита школьной информатики //Информатика и образование, №3, 1993.
5. Кузнецов А. А. Развитие методической системы обучения информатике в средней школе: Автореф. докт. дисс., М., 1988.
6. Бешенков С. А., Матвеева Н. В., Власова Ю. Ю. Два пути в школьном курсе информатике // Информатика и образование, №2, 1997.
7. Щеголев А. Школьная информатика и язык Пролог //Информатика и образование, №3, 1992.

МЕТОДИЧНА СХЕМА СКЛАДАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ЗАДАЧ В КУРСІ ІНФОРМАТИКИ

Н.С. Завізна¹, Є.В. Чернов¹, О.А. Хараджян²

¹ м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

² м. Кривий Ріг, Криворізький технічний університет

Однією з проблем викладання як шкільного, та і факультативного курсів основ інформатики є нестача методичних розробок при викладанні тих чи інших тем. Особливо скрутним є стан речей щодо розв'язання практичних задач міжпредметного зв'язку та формування навичок інформаційного моделювання.

Запропонована розробка, переслідуючи саме цю мету, включає в себе рекомендації до складання задач різного рівня як по складності, так і по творчому підходу, до реалізації таких задач, які вимагають від учнів не тільки знань та навичок роботи з комп'ютером, але й логічного та алгоритмічного мислення, математичних знань і, звичайно, самостійної роботи.

Розглянемо як приклад таку систему вправ:

1. Побудова графіків функцій та вивчення їх властивостей.
2. Зображення геометричних фігур.
3. Ознайомлення з матрицями.

За нашою методичною схемою ці задачі забезпечують

а) вміння:

- застосовувати теоретичні положення на практиці;
- самостійно виконувати ряд послідовних пізнавальних дій для досягнення певного результату;
- самостійно опрацьовувати необхідну навчальну літературу (як обов'язкову, так і додаткову);

б) навички

- самостійного аналізу різних учбових ситуацій і розв'язання різнотипових задач;
- використання учнями цих знань на інших уроках, що забезпечує міжпредметний зв'язок та сприяє розвитку:
 - ⇒ спеціальних учбових вмінь;
 - ⇒ загальних розумових здібностей;
 - ⇒ творчих задатків особистості;

⇒ зацікавленості учнів як в опрацюванні цих завдань, так і в самостійному виконанні учбової роботи (завдячуючи «частковій нестандартності», своєрідній ізюминці у кожній задачі).

Методична розробка для формування навичок інформаційного моделювання в курсі інформатики у старших класах середньої школи (факультативних заняттях) включає в себе такі рівні складності:

Перший рівень – програми складаються для нескладних завдань: графічне розв'язання рівнянь, побудова графіків довільних функцій. Ці ж задачі використовуються і на уроках математики при вивченні теми «Графіки функцій та їх властивості» у курсах алгебри 9 класу та алгебри і початків аналізу 10-11 класу.

Використання цієї задачі сприяє розвитку образної пам'яті, так як всі об'єкти задачі представлені наочно зображенням на моніторі. Вона вимагає в учнів вміння аналізувати та систематизувати попередні набуті знання як з інформатики, та і з інших шкільних дисциплін, розвиває уяву та зосередженість у учнів. Важливе місце на цьому рівні займає самостійна робота учнів з умовою задачі та пошук будь-яких методів її розв'язання, до яких не застосовується вимога оптимальності одержаного розв'язку.

Другий рівень – більш складний: він вимагає в учнів просторової уяви, математичних знань як з алгебри, так і з геометрії, тому що мова йде про зображення фігур як на координатній прямій, та і в просторі. Наведемо дві задачі цього рівня з нашого прикладу:

а) З командного рядка одержуються координати двох точок $A(x_a, y_a)$ та $B(x_b, y_b)$. Скласти програму, що визначить, який з відрізків, OA чи OB , утворює більший кут з віссю Ox (кут відраховується проти годинникової стрілки).

б) Зобразити квадрат, що обертається навколо свого центру.

Ці задачі у переформульованій формі також можуть використовуватися на уроках математики при закріпленні теми, так як вони вимагають знань усіх властивостей фігур. Вони сприяють розвитку просторової уяви учнів (при узагальненні першої задачі до три- чи навіть багатовимірного випадку) та абстрактного мислення, потребують попередніх знань та вміння їх застосовувати

на практиці, виявляючи таким чином творчі здібності. Розраховані на середній (або обов'язковий) рівень знань.

Третій рівень – рівень підвищеної складності – у наведеному прикладі включає в себе вивчення та застосування на практиці теми «Матриці».

а) Обчислити суму додатних елементів усіх рядків матриці, розміщеної у файлі.

б) Знайти максимальний елемент матриці довільних розмірів, розміщеної у файлі, номер його рядка та стовпця.

Ці задачі вимагають від учнів більш серйозної математичної підготовки, проте лише базових вмінь в галузі інформатики. Як і попередні, вони сприяють розвитку логічного та алгоритмічного мислення, потребують також самостійного опрацювання учбового матеріалу і підвищують, таким чином, загальний рівень знань та вмінь учнів.

За такою методичною схемою

1. значна увага надається індивідуалізації та диференціації учбового процесу,
2. всі три рівня пов'язані між собою за відомою схемою сумісності «зверху-донизу»,
3. немає залежності ані від мови програмування, ані від наявного апаратного забезпечення,
4. робота на уроці як з комп'ютером, так і з підручником,
5. полегшується введення і сприйняття нових понять, принципів і законів шляхом створення відповідного геометричного образу.

Використання комп'ютера саме таким чином сприяє посиленню пізнавального інтересу у учнів, формує уявлення про обробку інформації, необхідної для розв'язання конкретного завдання на практиці.

ЗАСТОСУВАННЯ НОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИВЧЕННІ МАТЕМАТИКИ

О.В. Бич, О.В. Григор'єва

м. Кривий Ріг, Криворізьський державний педагогічний інститут

В наш час використання засобів сучасних інформаційних технологій в навчальному процесі відкриває перспективи його якісного вдосконалення. Загальна комп'ютеризація та інформатизація освіти повинна бути заснована на єдиному понятійному апараті і широкому застосуванні методів інформатики при вивченні інших шкільних предметів.

Ефективне застосування засобів нових інформаційних технологій у навчальному процесі передбачає перш за все формування та оволодіння провідними компонентами сучасної інформаційної культури (на базі основ комп'ютерної грамотності) вчителями всіх спеціальностей. Слід зазначити, що вчитель повинен бути перш за все кваліфікованим фахівцем у своїй галузі, будь то біологія чи історія, література, мова чи математика, а також він повинен добре вміти правильно інтерпретувати повідомлення, які видаються комп'ютером. Знати принципи побудови та дії комп'ютерів і програм для комп'ютерів при цьому зовсім не обов'язково, якщо це не стосується пов'язаної з фахом предметної області.

Інформатика тісно зв'язана з іншими шкільними навчальними дисциплінами. Тобто, знання, вміння та навички, які учні отримують при вивченні інформатики, необхідні при вивченні інших шкільних предметів, коли комп'ютер буде активно допомагати процесу їх вивчення на базі різноманітних навчаючих програм.

Комп'ютер грає велику роль в індивідуалізації навчання учнів всіх рівней здібностей. Вчитель математики за допомогою комп'ютера може задавати вправи, які являються додатковими до регулярних програм для відпрацювання навичок у відповідності з можливостями кожного учня, а також вироблення навичок використання основних понять та ідей при розв'язуванні задач різноманітного роду.

Систему діалогу “Запитання – відповідь”, де можна застосо-

увати комп'ютер:

- як тренажер;
- як репетитор;
- як пристрій, який моделює визначені предметні ситуації; можна також використати для проведення самостійних робіт (перевірка вироблення учнями практичних навичок), контрольних робіт та заліків.

Для останніх можна використати контрольно-діагностичну систему, яка має за ціль перевірку теоретичних знань і практичних навичок за допомогою комп'ютерного тестування. Спеціальна програма виводить на екран запитання тесту і дає на нього до 5-ти варіантів відповідей, один з яких правильний. Учень досить вказати правильну, на його думку, відповідь і перейти до наступного запитання. Послідовність виведення запитань тестів на сусідні комп'ютери різна. Час відповіді обмежується 3-10 хвилинами. Залежно від кількості правильних відповідей автоматично виставляється оцінка. Запитання, які залишалися без відповіді, зараховуються як неправильні.

Використання такої системи дає можливість учителю математики під час занять акцентувати увагу на стимулюванні процесів саморозвитку. На уроках математики з використанням інформатики всіх учнів очікує напружена і цікава робота. Кожен працює в міру своїх здібностей і можливостей.

На уроках змішаного типу учень ставиться в такі умови, що відсидітися за спинами інших неможливо. Учитель уміло керує діяльністю учнів, пропонуючи їм такі завдання і вправи, щоб їхнє мислення було спрямоване на самостійне розв'язання нестандартних творчих завдань, розвиток індивідуальних здібностей.

Учитель свідомо ставить кожного учня в такі умови, щоб вибір подальших дій залежав від нього, а тому учні набувають впевненості, поваги до себе, професійності.

Але слід зауважити, що до використання комп'ютерів у школі потрібно поставити деякі вимоги. По-перше – в рамках освітньої галузі у школах без поглибленого вивчення математики і інформатики не слід намагатися вчити дітей “дорослим” мовам програмування. По-друге – візуалізація (наочність) – потужний засіб при вивченні математики. Наприклад, у викладанні триго-

нометрії помітну допомогу може справити наочне подання перетворень графіків тригонометричних функцій на комп'ютері. Такий підхід дозволить значно скоротити час, який відводиться на викладання теоретичних положень, а також з більш природних, наочних позицій роз'яснити способи побудови графіків тригонометричних функцій.

Наявність комп'ютерів і відповідного програмного забезпечення дозволяє розширити коло прикладів, багато з яких будуть виникати у новій освітній технології.

Комп'ютерізація дозволить реалізувати навчання математиці на різноманітних рівнях. Як базові можна вибрати три рівня: перший – для учнів, які не збираються продовжувати свою освіту після закінчення середньої школи; другий – для тих, хто в майбутньому збирається оволодіти гуманітарними спеціальностями; третій – для тих, хто планує отримати технічну освіту. Четвертий, додатковий рівень, можна відвести для учнів, які планують зробити математику своєю професією. При цьому перехід від одного рівня до другого здійснюється в рамках єдиної системи математичних понять і операцій.

Реалізація комп'ютерного підходу потребує розробки методичного і методологічного забезпечення, створення відповідних програм, великої роботи по підготовці педагогів.

Але широке впровадження нових інформаційних технологій в практику шкільного навчання буде сприяти створенню єдиного підходу до організації навчального процесу, який надасть навіть не дуже досвідченим викладачам потужний апарат, що дозволить не тільки пояснювати новий матеріал, але й отримувати через комп'ютер дійсно об'єктивну інформацію про хід навчального процесу.

ВИВЧЕННЯ СТОХАСТИЧНОЇ ЛІНІЇ ШКІЛЬНОГО КУРСУ МАТЕМАТИКИ З ВИКОРИСТАННЯМ НІТ

Л.О. Черних

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний
університет

В сучасному шкільному курсі математики серед інших змістовних ліній особливе місце займає так звана стохастична лінія. Традиційний курс шкільної математики знайомив учнів лише з детермінованими моделями реальної дійсності. Разом з тим зміни в суспільстві за останні десятиріччя вимагають від кожної людини розвитку ймовірнісного, зокрема комбінаторного, мислення (участь в лотереях, визначення поведінки в азартній грі, особиста економічна та політична діяльність, наприклад, під час виборів і т. ін.). Певне значення ймовірнісне мислення має і в соціальному, і у світоглядному аспектах (використання результатів соціологічних досліджень для протистояння некоректному тиску засобів масової інформації, розсудливий підхід до сучасної інформації про гороскопи, екстрасенсоріку, парапсихологію і т.п.).

В країнах з високорозвинутою економікою (США, Великобританія, Японія та ін.) елементи теорії ймовірностей та математичної статистики широко представлені в шкільних програмах з математики. В деяких з цих країн знайомство з основними поняттями цього курсу відбувається вже в початковій школі.

Специфічний характер явищ та процесів, які моделюються в курсі теорії ймовірностей, висуває стохастичну змістовну лінію шкільного курсу математики на особливе місце. Як свідчить досвід, вчителі зазнають певних (інколи значних) труднощів в роботі з цією темою. Це пов'язано як із специфікою самого математичного матеріалу, так і з недостатньою кількістю методичних розробок, щодо вивчення елементів стохастики в школі.

Отже, методика вивчення стохастики в школі потребує детальної розробки. Формальне перенесення методичних прийомів, що застосовувались при формуванні математичних понять в інших темах, в цьому випадку не є доцільним. Повинна бути ретельно розроблена вся методична система вивчення стохастичної

лінії. Зокрема, вимагають детального дослідження основні компоненти методичної системи (цілі, зміст, технологія навчання) та зв'язки між ними.

Розробляючи системоутворюючий компонент методичної системи – цілі навчання – слід виходити з тієї принципової ідеї, що вивчення елементів стохастичності повинно бути спрямоване не на просте формування деяких нових математичних понять, а на навчання учнів специфічній математичній діяльності. Суть цієї діяльності полягає в побудові та дослідженні ймовірнісної моделі. Взагалі стохастична лінія має широкі можливості для ознайомлення учнів з ідеєю математичного моделювання. Стохастика не зводиться до набору понять та теорем; її істотною частиною є специфічні умовиводи. Ймовірність події може стати новим, особливим інструментом розв'язання різних конкретних проблем.

Стохастика являє собою, за висловом А. Плоцкі, певну методологію, тому формування ймовірнісного мислення повинне охоплювати цю методологію. Процес прийняття рішень, верифікація деяких гіпотез статистичними методами спирається на принцип практичної переконаності, згідно з яким: якщо подія малоімовірна, то можна бути практично переконаним, що вона не відбудеться. В цьому розумінні особливе значення набувають стохастичні задачі, в яких ймовірність виступає як оцінка певного ризику.

Не будемо торкатись тут проблеми добору змісту навчального стохастичного матеріалу, визнаючи при цьому важливість цієї проблеми. Зупинимось на іншому важливому компоненті методичної системи – технології навчання. Не викликає жодних сумнівів, що нові інформаційні технології сприятимуть досягненню зазначених цілей навчання стохастичності, а також удосконаленню методичної системи в цілому. Разом з тим слід відмітити, що для багатьох вчителів характерна обмежувальна реакція на комп'ютер; при цьому недооцінюються дуже важливі його продуктивні властивості. Реалізація стохастичної лінії шкільного курсу математики в умовах НІТ дозволяє використати такі продуктивні властивості комп'ютера:

- комп'ютер як найбільш адекватний технічний засіб навчання, який сприяє діяльнісному підходу до навчального проце-

- су і стимулює активність учнів;
- комп'ютер як ідеальний засіб контролю на тренувальному етапі навчального процесу;
 - здатність комп'ютера до побудови візуальних та інших складних образів, яка підвищує пропускні можливості інформаційних каналів навчального процесу;
 - комп'ютер як носій принципово нових пізнавальних засобів, зокрема обчислювальний експеримент, конструювання алгоритмів, поповнення баз знань.

Розглянемо такий приклад. Майже в кожному посібнику з теорії ймовірностей наводиться дослід про підкидання монети. Можливі два результати: або монета впаде так, що зверху буде «герб», або зверху виявиться «цифра». Ці події рівноймовірні, а ймовірність кожної з них дорівнює $\frac{1}{2}$. Експеримент здається нібито дуже простим, разом з тим питання про те, що саме впаде – «герб» чи «цифра» - є класичним в теорії ймовірностей. Цей дослід багато разів проводили видатні математики минулого. Вчені порівнювали результати свого дослід з тим, що дає теорія ймовірностей. При цьому виконувалось по декілька тисяч підкидань монети.

Набагато ефективнішим буде цей експеримент, якщо його здійснити на комп'ютері. Варіант програми для проведення цього експерименту міститься в журналі «Математика в школі» (російське видання), №3, 1998 р. Комп'ютерне моделювання випадкової події дозволяє набагато скоротити час, що витрачається на цей дослід. Зокрема, на обробку результатів експерименту при 1000 «підкидань» комп'ютер витрачає менше ніж 2 секунди. Крім того, комп'ютерний експеримент порівняно з реальним має й такі переваги. Існує багато факторів, які в реальному експерименті можуть призвести до результатів, далеких від теоретичних: різна висота підкидання монети; дефекти поверхні, на яку вона падає; несиметричність монети; спритність рук експериментатора та ін. Отже, можна говорити про чистоту та об'єктивність комп'ютерного експерименту, який відбувається нібито в ідеальних умовах.

Використання комп'ютерів при вивченні стохастичної лінії – важлива методична проблема, яка потребує подальшого дослідження.

КОНЦЕПЦИЯ КУРСА “ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ В ОБЪЕКТНОЙ МЕТОДОЛОГИИ”

А.П. Полищук, С.А. Семериков
г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Задачи, ради которых и были созданы компьютеры – рутинные расчёты производственного, научного и военного характера, – потребовали создания целого класса новых методов, ориентированных не на ручные, а на машинные вычисления. Первые языки программирования не обладали удобными средствами для отражения таких часто используемых в вычислительной математике объектов, как матрицы, вектора, полиномы и т.д. Дальнейшее развитие языков программирования шло по пути встраивания математических объектов в языки как типов данных, что вело к их усложнению. Так, например, попытка сделать универсальный язык Ада, в котором есть даже такие типы данных, как словари и очереди, привела к тому, что количество ключевых слов в нём превысило 350, сделав его практически непригодным для изучения и использования.

Компромиссным решением между этими двумя крайностями может быть следующее: пусть программист сам создаёт типы данных, которые ему необходимы в его профессиональной деятельности. Языки программирования, в которых реализован такой подход, называют объектно-ориентированными. Это, с одной стороны, позволяет сделать язык достаточно лёгким путём уменьшения количества ключевых слов, а с другой – расширяемым, приспособляемым к конкретным задачам введением ключевых слов для создания и использования новых типов данных.

Наиболее удобным инструментом для создания классов математических объектов является объектно-ориентированное программирование и его поддержка в языке C++. Этот язык дает возможность варьировать методы создания математических объектов путем определения в классе необходимого количества конструкторов, осуществить переопределение стандартных операций для вновь созданных классов, использовать мощный меха-

низм одиночного и множественного наследования свойств базовых классов в производных классах, создавать параметризованные классы и функции с подстановкой типов параметров в процессе конструирования соответствующих объектов. Последовательное наращивание иерархии математических типов на базе уже созданных позволяет существенно снизить трудоемкость программирования за счет исключения повторяющихся последовательностей действий и избежать внесения в программы новых ошибок.

Одной из самых важных учебно-методических линий в курсе алгебры средней школы является линия уравнений и неравенств, а также их систем. В высшей школе эта линия продолжается на более высоком уровне в курсе линейной алгебры и векторных пространств, что позволило нам выделить следующие математические объекты: вектора, матрицы и многочлены. Наш выбор обуславливался ещё тем, что все они тесно связаны друг с другом. Так, например, матрицу можно рассматривать как упорядоченный кортеж арифметических векторов, а многочлен можно задать вектором его коэффициентов.

Для каждого из этих типов в процессе написания работы понадобилось определить множество процедур, в большинстве своём - бинарных алгебраических операций над элементами соответствующих множеств. Результатом работы явилось создание библиотеки классов параметризованных векторных, матричных и полиномиальных объектов, расширяющих возможности языка C++ по работе с такими объектами. Рассмотрим детальнее механизм реализации этой библиотеки.

Базовым в нашей иерархии классов является класс для работы с арифметическими векторами. В нашей интерпретации вектор – это упорядоченный кортеж некоторых объектов (или, иными словами, массив определённой длины). Тип чисел, составляющих компоненты вектора, не является строго фиксированным – этот тип можно использовать как параметр конструктора векторного объекта, то есть вы можете иметь целочисленные, вещественные, комплексные и т.д. вектора различных длин. Основные операции, определённые для векторов – это сложение, вычитание, отрицание, скалярное умножение, умножение вектора на скаляр, сравнение векторов, вывод вектора в поток и ввод

его из потока, нахождение модуля вектора и нормирование его по модулю, а также ряд операций сокращённого сложения, вычитания и т.д. Разумеется, большинство этих операций определены только для векторов совпадающих размерностей.

Для реализации арифметических операций был использован механизм перегрузки операций, благодаря которому, например, при сложении двух векторов в программе достаточно поставить знак «+» между объектами векторного класса точно так же, как это делается при сложении стандартных целых и вещественных чисел. Такая запись является более естественной, чем вызов функции `Add`, хотя, по сути, ничем от неё не отличается. Это свойство является особенностью именно C++, в отличие от других объектно-ориентированных языков.

Следующим классом, разработанным нами, был класс, предназначенный для хранения и использования, пожалуй, самых важных алгебраических объектов – матриц. Структура матричного класса подобна структуре векторного, но более содержательная. Это обусловлено множеством операций, которые необходимо было запрограммировать для эффективной работы с новым типом данных – «матрица». Как и векторный класс, матричный богат конструкторами, которые позволяют создавать матрицы, инициализируя их данными из памяти, из файла, из другой матрицы и так далее. Кроме того, допустимо создание «пустой», т.е. нулевой матрицы заданного размера.

В качестве внутреннего представления матрицы был выбран упорядоченный кортеж векторов – объектов векторного класса, рассмотренного нами ранее, что позволяет использовать для матричных операций перегруженные операции класса «вектор». Например, для сложения двух матриц совпадающих размерностей нам достаточно сложить вектора, их составляющие, что позволяет вместо двух циклов сложения элементов матриц использовать один цикл сложения векторов, составляющих строки матрицы.

Для матриц совпадающей размерности определены операции сложения, вычитания, а также их сокращённые аналоги; умножение матрицы на скаляр, транспонирование, сравнение матриц, вывод в поток и ввод из потока. Для отдельных типов матриц определена операция умножения.

Практический интерес при работе с матрицами представляет решение систем линейных алгебраических уравнений, задаваемых соответственно матрицами коэффициентов при неизвестных и вектор-столбцом свободных членов. В связи с этим были реализованы следующие методы решения СЛАУ: метод Гаусса с выбором главного элемента, метод ортогонализации векторов матрицы, метод обратной матрицы, метод Крамера.

Вычисление обратной матрицы и детерминанта можно производить либо аналитически, либо численно. Нами были реализованы оба этих подхода. Так, Вы можете воспользоваться рекурсивной функцией вычисления детерминанта разложением его по какой-либо строке и функцией обращения матрицы с использованием алгебраических дополнений. При этом с ростом порядка матрицы количество операций сложения и умножения возрастает настолько, что эти методы становятся малоэффективными. Более эффективным является вычисление детерминанта и обратной матрицы косвенно, путём решения системы уравнений.

Перегрузка перечисленных операций даёт нам возможность записи операций над матрицами в близкой к алгебраической форме. К примеру, решение системы уравнений может быть записано как решение матричного уравнения $AX=B$, $X=A^{-1}*B$, где операция возведения в степень «-1» не что иное, как перегруженная функция обращения матрицы, а «*» – операция умножения матриц.

Наличие, наряду с умножением и обращением, операции транспонирования, позволяет нам одной строчкой программы записать решение задачи МНК – метода наименьших квадратов. Пусть X и Y – соответственно матрицы независимых и зависимых переменных, A – неизвестный вектор оценки МНК. Тогда $A=X$ транспонированное, умноженное на X (всё в минус первой степени), умноженное на произведение транспонированной матрицы независимых переменных на вектор-столбец зависимых переменных:

$$\text{matrix } a = (\&(\sim x * x)) * (\sim x * y);$$

Класс для работы с многочленами от одной переменной базируется на векторе – действительно, операции над многочленами сводятся к действиям над коэффициентами при соответствующих степенях неизвестной. Это даёт возможность использо-

вать арифметический вектор для представления многочлена. Как и в предыдущих классах, полиномиальные объекты имеют набор методов для конструирования, сложения, вычитания, умножения полинома на полином и полинома на скаляр, сравнения, деления с остатком и т.п.

Для полиномиальных объектов мы можем найти производную любого порядка и неопределённый интеграл любой кратности в аналитической форме; результатом будет полином, коэффициенты которого получаются по соответствующим правилам. Кроме того, в любой точке мы можем найти функциональное значение полинома.

В задачах прикладной математики полиномиальные объекты, как правило, используются при решении алгебраических уравнений, что побудило нас к реализации ряда методов решения уравнений разного порядка. Согласно основной теореме алгебры, полином n -ной степени имеет ровно n корней. Это позволяет считать, что решением полиномиального уравнения в комплексной области является комплексный вектор решений с размерностью, равной степени многочлена, компонентами которого являются его корни.

Для многочленов с действительными коэффициентами нами были рассмотрены метод Кардано-Тартальи для решения уравнений 3-ей степени и базирующийся на нём метод Феррари решения уравнений 4-ой степени. Более универсальными методами для комплексных многочленов являются методы решения квадратных уравнений и метод Ньютона для поиска корней многочлена любой степени. В последнем методе мы, находя очередной корень, отделяем его, понижая степень многочлена по схеме Горнера, ищем корень многочлена меньшей степени и т.д., до отделения всех корней.

Алгоритмы и программы решения проблемы собственных значений для несимметричных комплексных матриц, реализованные в традиционной методологии, всегда отличались громоздкостью. Для её решения используются все разработанные нами классы – вектора, матрицы и полиномы, существенно сокращая объём программы и повышая её наглядность.

В стройном здании математики более сложные математические объекты строятся из более простых. Так, комплексные чис-

ла представляются в виде пары вещественных координат вектора по вещественной и мнимой осям комплексной плоскости. Многомерный числовой вектор может быть представлен совокупностью его вещественных или комплексных координат по осям многомерной координатной системы (или как частный случай матрицы – одностолбцовой или однострочной), матрица может быть представлена как вектор векторов, полином известного порядка может быть задан как вектор его коэффициентов.

Для каждого класса математических объектов определен допустимый набор математических операций и способы их реализации; например, операции умножения определены для вещественных чисел, векторов и матриц, но имеют, естественно, различный смысл и алгоритмы реализации. Операция определения нулей специфична для полиномов, транспонирования и вычисления собственных значений и собственных векторов - для матриц, определения модуля - для векторов.

Представляется целесообразным построить курс вычислительных методов по принципу определения иерархии математических классов, объекты которых конструировались бы затем в программе путем объявления, то есть синтаксически так же, как и стандартные для используемого языка типы (целые, вещественные и пр.) с определением внутри класса всех необходимых для их использования в вычислениях операций. При этом под термином «операция» можно понимать как общепринятые для простых типов операции, например, арифметические, так и любые, базирующиеся на данном математическом классе вычисления, – например, решение системы линейных алгебраических уравнений или вычисление коэффициентов регрессии для заданной матрицы или вычисление корней полинома наряду с операциями полиномиальной арифметики – сложения, умножения, деления полиномов.

Нам неизвестны пособия с систематическим изложением методов вычислений на базе объектно-ориентированного подхода в программной реализации на языке C++. Уже сейчас во многих средних и высших учебных заведениях осуществляется преподавание языка C и C++ и предлагаемая работа может, по нашему мнению, оказать положительное влияние на эффективность учебного процесса в области вычислительной математики.

Представляемое учебное пособие рассчитано на сравнительно небольшой двухсеместровый курс численных методов (2 часа в неделю лекций + 2 часа лабораторных работ в компьютерном классе), который читается студентам специальности «Математика и информатика» педагогических институтов. Изложение курса предполагает владение основами объектно-ориентированного программирования на языке C++.

В соответствии с уже изложенной концепцией объектно-ориентированной программной реализации многие методы вычислений инкапсулируются в классы математических объектов, с которыми они работают; например, метод наименьших квадратов и метод решения систем линейных алгебраических уравнений будут размещены в классе матриц, а полиномиальная арифметика и методы вычисления полиномиальных нулей – в классе полиномов.

Глава 2 посвящена рассмотрению специальных математических типов (и операций над ними) и определению соответствующих им классов в терминах языка C++. Вначале в качестве иллюстрации рассматривается необходимый при изучении последующего материала (например, методов вычисления корней полиномов при наличии среди них комплексных) предположительно знакомый слушателю и реализованный в библиотеке C++ класс комплексных чисел; его программная реализация взята прямо из среды разработки Borland C++ и по возможности откомментирована - этот материал служит своеобразным образцом в реализации других рассмотренных в этой главе математических классов - векторов, полиномов, матриц. Изучение матричного класса сопровождается изложением методов решения основных задач линейной алгебры – систем линейных уравнений, вычисления собственных значений и векторов матриц.

Глава 3 содержит изложение методов полиномиальной и экспоненциальной аппроксимации функций и их программную реализацию, также инкапсулированную в виде функций-членов специального класса.

Глава 4 является естественным прикладным продолжением предыдущей и содержит методы численного интегрирования и дифференцирования функций с использованием рассмотренных методов приближения функций.

Глава 5 посвящена методам решения обыкновенных дифференциальных уравнений; при этом рассматриваются не только численные методы, а иллюстрируется применение приближенных численных методов при программной реализации аналитических решений. Например, при решении дифференциальных уравнений методами операционного исчисления возникает задача вычисления корней характеристических уравнений, которая может быть решена численно.

Глава 6 содержит введение в поисковые методы определения экстремумов функций при отсутствии и наличии шумов в определении значения функции и методы программирования соответствующих задач.

Апробация курса «Численные методы в объектной методологии» в Криворожском педуниверситете в течение последних лет свидетельствует о повышении качества усвоения учебного материала за счёт переключения внимания обучаемого с деталей программной реализации на сам метод благодаря приближению программной записи алгоритма к естественной математической и использованию таких типов данных, как векторы, матрицы и полиномы.

Наличие готовой библиотеки математических объектов существенно ускоряет процесс программной реализации метода, сокращая не только время, но и объём программы, делая её более «прозрачной» за счёт повышения уровня абстракции до операций над новыми типами данных (это проявляется, например, в использовании для умножения матриц вместо трёх вложенных циклов знака умножения). Параметризация программ позволяет порождать из шаблонов типов специализированные реализации, делая, к примеру, из параметризованной матрицы действительную, комплексную либо функциональную простой подстановкой типа (`double`, `complex`, `function`) в угловые скобки поле имени параметризованного объекта.

Применение этих типов позволило расширить традиционный курс численных методов разделами, обычно вызывающими трудности в программной реализации в процедурной идеологии (символическое исчисление, линейное и динамическое программирование), по-новому взглянуть на традиционные методы и расширить область их применения.

БЛИЦ-ИГРА КАК СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Ю.М. Кравченко

г. Севастополь, Севастопольский государственный технический университет

Одним из способов повышения активизации познавательной деятельности студентов является проведение блиц-игр. Это наиболее эффективный способ для формирования долговременной памяти у обучающихся. Такие занятия предлагается проводить после завершения изучения определенных разделов темы. Игры могут проводиться в сжатые сроки. В этом случае их можно отнести к разряду блиц-игр. Блиц-игры условно делят на следующие категории: информационные, ситуационные, профессиональные, многоплановые [1].

Эффективность проведения блиц-игр всех выше перечисленных категорий обеспечит использование компьютера. В тех ситуациях, когда изучаемая тема включает довольно большое количество материала, проверка и усвоение которого достаточно сложно и трудоемко при безмашинной реализации. Применение ЭВМ в значительной степени сокращает педагогу время контроля и оценки знаний. Программное решение педагогических задач также способствует активизации логического, теоретического, технического, творческого и практического мышления у студентов.

Для этих целей предлагается составить пакет дидактико-компьютерной поддержки (ПДКП). Этапы разработки пакета:

1. Анализ содержания дисциплины. Четкое определение целей, задач, типа категории игры.
2. Выявление дидактико-технических возможностей электронно-вычислительной техники.
3. Составление сценария игры, в который предлагается включать описание вариантов задания, правил проведения игры, роли участников, регламента времени, форму оценки результатов [1]. Планирование действий преподавателя и обучаемого на каждом этапе занятия, при этом необходимо учитывать категорию к которой относится данная блиц-игра.

4. Подбор соответствующего информационно-справочного материала, рисунков, схем, формул, теоретическую и практическую информацию по теме занятия. Составление блиц-тестов.

5. Подбор соответствующего программного обеспечения, либо создание нового, применительно к имеющейся аппаратной поддержке. Анализ и корректировка содержания занятия.

6. Подготовка формы отчета по результатам блиц-игры.

Использование ЭВМ заметно влияет на уже существующие функциональные связи между преподавателем и обучаемым, преподавателем и учебным материалом, обучаемым и учебным материалом. Заметно взаимовлияние между ПДКП и преподавателем, ПДКП и обучаемым, ПДКП и дидактическим материалом. Возможности пакета изменяют традиционное отношение преподавателя к своему предмету. Работа обучаемых с ПДКП способствует активизации их познавательной деятельности, посредством моделирования изучаемых объектов, предоставляемой информацией и контролем знаний. Связь между ПДКП и дидактическим материалом заключается в перенесении части теоретического и практического материала в программное выражение.

Программа для проведения блиц-игр состоит из следующих блоков: подготовительный, контролирующий, аналитический, результирующий, блок внешнего контроля. Причем в программе жестко закреплена последовательность прохождения обучаемыми четырех выше перечисленных блоков. Блок внешнего контроля находится в непрерывном взаимодействии с остальными блоками. Схематично этапы реализации алгоритма для проведения блиц-игр с применением ПДКП приведены на рисунке 1.

Подготовительный блок (1) включает в себя инструктаж участников игры, формулировку проблемы и целевой установки, деление группы на бригады.

Контролирующий блок (2) предполагает проведение блиц-тестов для выявления подготовленности бригад. Вопросы и задания выбираются обучаемыми из банка данных компьютерной программы посредством ключевых слов-признаков. Программное решение реализации блиц-игр позволяет в значительной степени сократить время получения результата. В случае неудовлетворительных результатов проверки знаний имеется возможность уточнения списка ключевых слов-признаков, его коррек-

тировки и дополнения. После этого ПЭВМ оперативно (в минимальное время) повторяет цикл вопросов. Описанный алгоритм удобен также тем, что можно вводить в базу данных новую информацию и повторять тест.

Аналитический блок (3) позволяет представить обсуждаемые вопросы в виде моделей, в динамике их развития. Этот уровень дает возможность обучаемому самому управлять ходом решения проблемы. Преподаватель в этот момент получает возможность выдавать информацию на рабочую станцию той или иной бригады порционно. Количество материала зависит от результатов контролирующего уровня.

Результирующий блок (4) включает в себя разбор ошибок, подведение итогов занятия, выдачу задания на следующее занятие либо в виде информации на дискете либо в виде твердой копии.

Блок внешнего контроля (5) - блок связи обучаемых и преподавателя посредством компьютерной сети. На этом этапе отслеживается характер поведения обучаемых, их уровень знаний на каждом предыдущем этапе. Ведется статистический учет посредством соответствующей компьютерной программы. Блок внешнего контроля влияет на предыдущие четыре блока и является определяющим в процессе занятия.

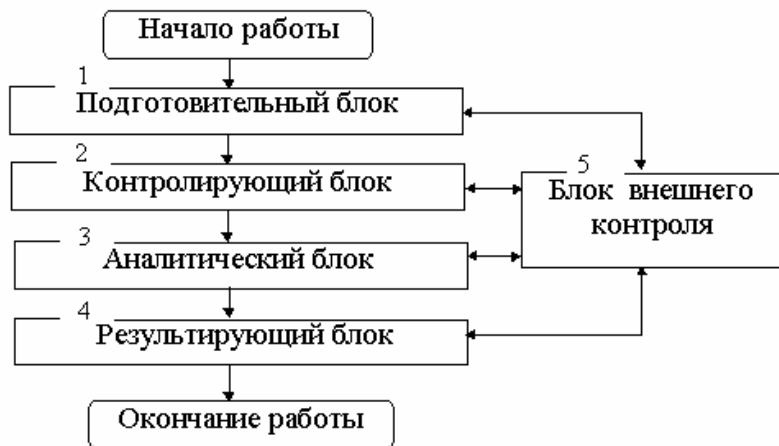


Рисунок 1. Последовательность работы обучаемого с ПДКП в ходе блиц-игры

В заключение следует отметить, что применение ЭВМ в блиц-играх влияет на интенсификацию учебного процесса следующим образом: активизирует интерес к овладению профессиональными знаниями; увеличивает информативную емкость знаний; ускоряет темп учебных действий; развивает навыки самообразования и самовоспитания.

Литература:

1. Матвеев Ю.В. Блиц-игры в педагогической практике// Вестник СевГТУ: Сб.науч.тр. - 1998. - Вып. 12. - С. 121-125.

ОБ ОБЪЕМНОМ ЗАРЯДЕ ПРОВОДНИКА С ТОКОМ

А.А. Коновал

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Известно, что проводник с током в системе отсчета, по отношению к которой он движется вдоль своей длины будет характеризоваться не равной нулю плотностью заряда [1, 2].

Предполагается естественным при этом, что в собственной системе отсчета (ССО) проводник с током нейтрален [1, 2, 3, 6, 9]. Существует тем не менее ряд аргументов в пользу того, что проводники с током следует считать заряженным уже в ССО [5, 13].

Пусть в системе K' вдоль OX' покоится металлический проводник с током. Относительно K системы K' движется в направлении OX со скоростью \vec{V} . Поскольку речь идет о классической электродинамике предлагаем, что ток обуславливается движением электронов с одинаковой для всех электронов, дрейфовой скоростью v' . Явления о которых пойдет речь ниже будем рассматривать “лишь спустя время, необходимое для восстановления внутреннего равновесного состояния” [7, 8] в проводнике с током, т.е. после того, как установилось динамическое равновесие после включения поля $\vec{E} = \vec{j} / \sigma$; только при выполнении этого условия к движущей совокупности заряда применимы преобразования Лоренца.

На поставленный вопрос есть два ответа:

А. В ССО проводник с током нейтрален, $\rho' = 0$. Поскольку плотность совокупности зарядов увеличивается при переходе от ССО к системе, по отношению к которой они движутся со скоростью v , то $\rho' = 0$ означает, что [2 стр. 193] [6, 9, 10, 11]

$$\rho' = \rho_i^{\circ} - \rho_-^{\circ} = \rho_i^{\circ} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}\right) = 0 \quad (1)$$

где $\rho_i^{\circ}, \rho_-^{\circ}$ – плотности положительных ионов и электронов проводимости в ССО, ρ_-° – плотность электронов проводимости в

системе K' ; $\beta' = \frac{v'}{c}$, v' – скорость электронов относительно K .

Б. В ССО проводник с током обладает объемной плотностью заряда

$$\rho' = \rho'_i - \frac{\rho_-^\circ}{\sqrt{1-\beta'^2}} = \frac{\rho^\circ}{\sqrt{1-\beta'^2}} (\sqrt{1-\beta'^2} - 1) \quad (2)$$

считается при этом, что $|\rho'_i| = |\rho_-^\circ| = \rho^\circ$ (проводник без тока нейтрален).

Приведем ряд соображений в пользу ответа **Б**.

Если считать, что $\rho'_i = \rho'_+$ при прохождении тока, то проводник без тока ($v'=0$) должен обладать положительной объемной плотностью заряда $\rho'_i - \rho'^\circ = \rho'_i (1 - \sqrt{1-\beta'^2})$, зависящей от величины протекавшего тока, поскольку (1) должны выполняться при любых точках.

Можно по другому представить себе это противоречие: если проводник без тока движется со скоростью v' (относительно K' ,

например), то $\rho'_- = \frac{\rho_-^\circ}{\sqrt{1-\beta'^2}}$, $\rho'_+ = \frac{\rho_+^\circ}{\sqrt{1-\beta'^2}}$ и если не считать,

что $|\rho_+^\circ| = |\rho_-^\circ|$, такой движущийся проводник будет заряжен с объемной плотностью заряда

$$\rho' = \rho'_+ - \rho'_- = \frac{\rho_+^\circ}{\sqrt{1-\beta'^2}} (1 - \sqrt{1-\beta'^2}).$$

Однако, нет никаких физических оснований рассматривать неподвижный (как и движущийся с постоянной скоростью v') металл заряженным. Если, тем не менее, (1) имеет место, должен существовать механизм, обеспечивающий равенство (1) при любых значениях скорости электронов v' .

Особенно ярко выражены противоречия подхода А к решению задачи в том случае, когда скорость системы K' численно равна v' ($V=v'$). Тогда электроны покоятся относительно K , плотность их заряда $\rho_- = \rho_-^\circ = \rho'_- \sqrt{1-\beta'^2}$.

Результирующая плотность заряда проволоки [2, 6]

$$\rho = \frac{\rho_+^0}{\sqrt{1-\beta^2}} - \rho_-^0 \sqrt{1-\beta'^2} = \frac{\rho_+^0 V^2}{c^2 \sqrt{1-\beta^2}}.$$

Почему поток электронов не приводит к появлению нескомпенсированных зарядов, поток ионов, движущихся с той же скоростью, $v'=V$ дает такой эффект?

Далее в K' ток, создаваемый электронами, равен $j'_x = \rho' - v'$, а в системе K ток, обусловленный движением только ионов с той же скоростью $V=v'$, равен $\frac{\rho_+^0 V}{\sqrt{1-\beta^2}} > j'_x$ несмотря на то, что плот-

ность заряда и электронов, и ионов возрастает одинаковым образом в CO , относительно которой они движутся.

Таким образом, мы приходим к выводу о физической асимметрии свойства положительного и отрицательного электричества [4], что в системе K магнитное поле $B_z = B'_z(1-\beta^2)^{-1/2}$.

Не ясна причина, по которой ток и магнитное поле в K возросли по сравнению с таковыми в системе K' , хотя условия в системе K совершенно симметричны условиям в K' .

Однако, нет необходимости ставить под сомнение принцип относительности и вопрос об отмеченной асимметрии легко решается ответом Б. Из формул преобразования 4 – тока следует, что в системе K

$$j_x = j'_x, \rho = \rho', B_z = B'_z \text{ при } v=v'$$

О других аргументах, подтверждающих вариант Б, подробно в [13].

Литература:

1. Р. Беккер. Электронная теория. – М.: ОНТИ, 1936.
2. В.А. Угаров. Специальная теория относительности. – М, 1977.
3. Э. Парсел. Электричество и магнетизм. – М.: Наука, 1977.
4. Г.В. Николаев. Парадокс Фейнмана и асимметрия лабораторной и движущейся систем отсчета. Статья депонирована в ВИНТИ, рег, № 1937 – 75.
5. М.Л. Мартинсон, А.В. Недоспасов, УФН. Т. 163. № 1,91, 1993.

6. Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. Фейнмановские лекции по физике, т. 5. – М.: Мир, 1966.
7. С.И. Сыроватский, УФН, 118 в 3, 545, 1976.
8. Е.Л. Фейнберг, УФН, 116, в 4, 709, 1975.
9. В.А. Фабрикант. Сборник научно–методических статей по физике в 4 т. – М.: Высшая школа, 1972.
10. В. Пановский, М. Филлипс. Классическая электродинамика. – М.: Физматгиз, 1963.
11. А.Н. Матвеев. Электродинамика и теория относительности. – М.: Высшая школа, 1964.
12. И.Е. Тамм. Основы теории электричества. – М.: Наука, 1966.
13. А.А. Коновал. Заряжен ли проводник, по которому протекает ток? Статья деп. в ВИНТИ, рег. № 4318 – 80.

ЗАКОН БИО-САВАРА ДЛЯ ЗАРЯДОВ, ДВИЖУЩИХСЯ С РЕЛЯТИВИСТСКИМИ СКОРОСТЯМИ

А.А. Коновал

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Магнитное поле, создаваемое элементом тока $id\vec{l}$ [1,2]

$$d\vec{b} = \frac{i}{cr^3} [d\vec{l} \cdot \vec{r}] \quad (1)$$

можно рассматривать как результат суперпозиции магнитных полей B_i , порождаемых каждым из зарядов, находящихся в элементе тока $id\vec{l} = Nq\vec{v}$

$$d\vec{B} = \sum_i^N \vec{b}_i$$

тогда

$$\vec{b} = \frac{q[\vec{v} \cdot \vec{r}]}{c \cdot r^3} = \frac{1}{c} [\vec{v} \cdot \vec{E}], \quad \vec{E} = \frac{q\vec{r}}{r^3} \quad (2)$$

Здесь \vec{v} – дрейфовая скорость зарядов, c – скорость света.

Видно, что (2), определяющие магнитное и электрическое поля движущегося заряда q , справедливы при $v \ll c$.

При любой постоянной скорости движения заряда q поля \vec{E} и \vec{b} равны [3]

$$\vec{E} = \frac{q(1 - \beta^2)\vec{r}}{r^3(1 - \beta^2 \sin^2 \theta)^{3/2}}, \quad \vec{b} = \frac{1}{c} [\vec{v} \cdot \vec{E}] \quad (3)$$

где $\beta = \frac{v}{c}$, θ - угол между \vec{v} и радиус-вектором \vec{r} , проведенными из мгновенного положения заряда в данную точку поля.

Полагая, что магнитное поле движущихся в проводнике с током зарядов порождается по закону (3), получаем закон Био-Савара, справедливый при любой ($v < c$) скорости движения зарядов:

$$d\vec{B} = \frac{i(1 - \beta^2)[d\vec{l} \cdot \vec{r}]}{cr^3(1 - \beta^2 \sin^2 \theta)^{3/2}} \quad (4)$$

Применение (4) для расчетов магнитных полей, сил взаимо-

действия токов [4] показывает, что закон Био-Савара в форме (4) описывает те же явления, что и закон (1). Однако в ряде случаев закон (1) не дает релятивистски инвариантного описания явления, в то время как на основе (4) получаем корректное описание.

Поскольку закон полного тока $\oint_L \vec{B} \vec{M} = \frac{4\pi}{c}$ основан на (1), и т.к. более точной формой закона Био-Савара должно быть (4), то кажется, что и теорема о циркуляции вектора \vec{B} должна несколько уточниться. Этот вопрос обсуждается в [5].

Классическая электродинамика является релятивистски инвариантной теорией, поэтому представляется логичным и в методическом отношении более целесообразным основы ее излагать на последовательно релятивистской основе, используя закон Био-Савара в форме (4), а уже потом, в практически важных случаях при $v \ll c$ использовать (1).

Литература:

1. И.Е. Тамм. Основы теории электричества. – М.: Наука, 1966.
2. Я.И. Френкель. Собрание научных трудов, Т.1. – М.: Изд-во АН СССР, 1956.
3. В.А. Угоров. Специальная теория относительности. – М.: Наука, 1977.
4. А.А. Коновал, В.П. Панов, Замечания к закону Био-Савара. Деп. в ВИНТИ, рег. № 4316-80.
5. А.А. Коновал. Закон полного тока для зарядов, движущихся с релятивистскими скоростями, деп. Ук89, № 1509.

ВОЗМОЖНОСТИ ЛАЗЕРНОЙ ТЕЛЕМЕТРИИ В ШКОЛЕ

Ю.А. Курбатов

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Лазеры или оптические квантовые генераторы (ОКГ) как источники света благодаря уникальным свойствам их излучения: высокая степень когерентности, монохроматичность и острая направленность при большой мощности излучения нашли за последние десятилетия широкое применение в научных исследованиях, технологических процессах, в медицине, при передаче и обработке информации. Благодаря своим уникальным свойствам лазеры находят все более широкое применение и в преподавании как для демонстрации различных оптических явлений так и для постановки физических практикумов не только в вузах, но и в средних учебных заведениях. Методы получения лазерного излучения и его свойства и возможности наиболее полно и в доступной форме изложены в [1], [2], что касается приложения лазеров в школьном физическом эксперименте, то и здесь имеется достаточно литературы [3], [4].

Целью настоящей публикации является показать некоторые возможности использования лазеров в школьном физическом эксперименте при постановке лабораторных работ по лазерной телеметрии в оптике: определение показателя преломления и геометрических размеров прозрачных тел. Классическим способом определения показателя преломления прозрачного вещества является метод с помощью микроскопа. Это достаточно простой и общедоступный метод, однако он требует непосредственного контакта микроскопа с исследуемым веществом.

В работе предлагается метод измерения показателя преломления вещества без непосредственного контакта с ним, т.е. на любом разумном расстоянии от исследуемого вещества (метод телеметрии) с использованием лазерного излучения.

Как известно, луч света на границе раздела двух сред претерпевает преломление от своего начального направления распространения. Исключением является случай падения луча нормально на границу раздела сред. Как показано на рис.1, при угле

падения α отличным от нуля градусов, луч света преломляется на угол β в точке O , а в точке A при выходе из прозрачной пластинки луч еще раз преломляется. Если грани S' и S'' пластинки плоскопараллельны, то луч OA будет параллельным оси OO , т.е. параллельным первоначальному направлению, смещаясь в пространстве на величину $h=AC$. Величина этого смещения зависит от толщины пластинки d и показателей преломления материалов пластинки и среды, в которой эта пластинка помещена, а также от угла падения α .

Из рис.1 можно получить очевидную зависимость:

$$h = \frac{d \sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta} \quad (1)$$

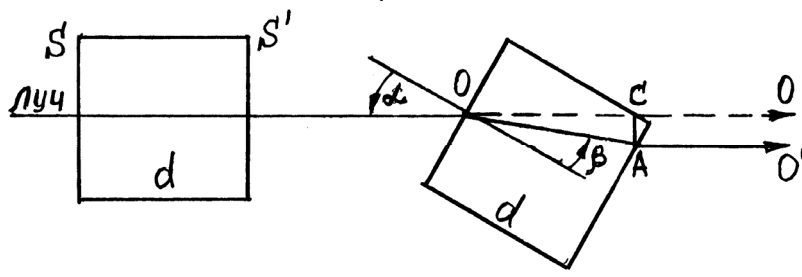


Рис. 1.

Исходя из закона преломления для случая прозрачной пластинки в воздухе, можно записать известное выражение:

$$\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n}, \quad (2)$$

где n – показатель преломления вещества пластинки.

Из (1) и (2) можно получить формулу для нахождения показателя преломления:

$$n = (\sin \alpha) \sqrt{1 + \left(\frac{d \cos \alpha}{h - d \sin \alpha} \right)^2} \quad (3)$$

В пластинках толщиной несколько сантиметров это смещение составляет несколько миллиметров, что затрудняет измерение. В этой связи предлагается для улучшения измерения величины смещения луча использовать короткофокусную положительную линзу, которая увеличит смещения луча на экране 5 (см.

Рис.2) в $DA-1$ раз, где D – оптическая сила линзы, A – расстояние от линзы до экрана.

С учетом этого увеличения формула (3) примет вид:

$$d = \sin \alpha \sqrt{1 + \left[\frac{(D * A - 1)d \cos \alpha}{(D * A - 1)d \sin \alpha - H} \right]^2}, (4)$$

где H – увеличенное линзой смещение луча лазера.

Последняя формула при известных значениях α , A и H позволяет дистанционно измерять показатель преломления вещества. Использование луча лазера в этой работе позволяет ввиду малого угла расходимости луча, ввиду малых размеров самого луча, а также ввиду его достаточно высокой интенсивности проводить измерения на любых разумных расстояниях от пластинки при дневном свете и достаточно точно.

Разрешение уравнения (4) относительно d позволяет решать обратную задачу: при известном показателе преломления вещества дистанционно измерять толщину прозрачной пластинки.

Схематическое изображение установки для проведения измерений приведено на рис.2.

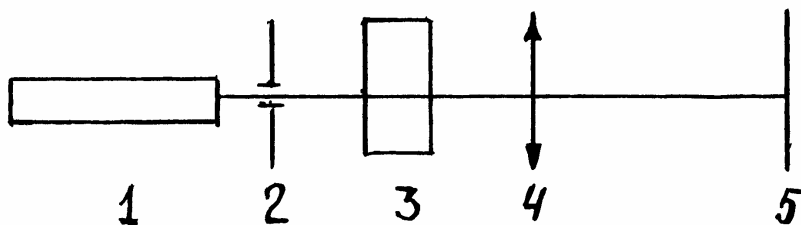


Рис. 2.

На оптической скамье размещаются гелий-неоновый лазер (1), диафрагма (2), исследуемая пластинка (3), линза (4) и экран (5). Диафрагма с отверстием 0,5 мм служит для дополнительного сужения лазерного луча. Пластинка крепится на юстировочном столе, позволяющем поворачивать ее на любой угол относительно луча лазера.

Измерения, проводимые для различных оптических стекол с показателями преломления от 1,52 кварца К80 до сверхтяжелого флинта СТФ с показателем преломления 2,04, дали погрешности измерений, не превышающую 2,5%.

Предлагаемая здесь методика внедрена в лабораторный практикум по курсу общей физики в Криворожском педуниверситете и в течение ряда лет подвергнута апробации. Ввиду своей простоты, наглядности и надежности она может успешно внедрена в физический практикум, как в вузах, так и средних школах.

Литература:

1. Лансберг Г.С. Оптика. – М.: Наука, 1976.
2. Качмарек Ф. Введение в физику лазеров. – М.: Мир, 1981.
3. Перкальскис Б.Ш. Использование современных научных средств в физических демонстрациях. – М.: Наука, 1971.
4. Мансуров А.И. Лазеры и их применение в преподавании физики. – М.: Просвещение, 1984.

ПРО ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ВИКЛАДАННЯ ФІЗИКИ В ШКОЛІ

В.П. Ржепецький

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний
університет, Криворізький обласний ліцей-інтернат для сільської
молоді

В останні роки в нашій країні на базі середніх загальноосвітніх шкіл створено різні альтернативні школи (гімназії, ліцеї, колегіуми), що мають на меті надати можливість обдарованим дітям розвинути свої здібності. Викладання фізики в таких школах має ряд особливостей, які визначаються в першу чергу призначенням навчального закладу.

Обласний ліцей-інтернат для сільської молоді було створено при Криворізькому державному педагогічному інституті (університеті) в 1993 р. Класи цього ліцею – профільні, тобто діти, що в них навчаються, планують після закінчення школи продовжити навчання на відповідних факультетах педуніверситету.

Зниження престижу професії вчителя привело до зниження рівня підготовки абітурієнтів педуніверситету, зменшення конкурсу, особливо на фізико-математичні спеціальності, що врешті-решт приводить до випуску вельми посередніх спеціалістів, які поставлятимуть вищим навчальним закладам (та й державі в цілому) ще гірший матеріал. Особливу тривогу викликають випускники сільських шкіл; першорядною причиною низького рівня їх знань є низький рівень викладання фізико-математичних дисциплін в сільських школах. Створення ліцею мало на меті допомогти обдарованим сільським дітям заврешити середню освіту так, щоб можна було успішно продовжити навчання у вищому навчальному закладі.

Робота викладача вищого навчального закладу в ліцеї приносить користь обом закладам освіти. Інститут має можливість узгодити рівень викладання дисциплін кафедри з діючими шкільними програмами і в той же час сприяти високому рівню вимог до знань учнів. Досвід нашої роботи в ліцеї та аналіз програм з фізики [1] дає змогу зробити деякі висновки методичного

характеру, які пропонується нижче в дискусійному плані.

1. Однією з цілей розвитку учнів є розвиток вміння експериментувати, обробляти результати вимірювань, робити висновки на основі отриманих експериментальних даних, розвиток технічного мислення та найпростіших тенічних вмінь [1]. В зв'язку з цим нам здається доцільним впровадження такого підходу, при якому вивчення нового матеріалу учнями здійснюється в процесі виконання ними фізичного експерименту, самостійне одержання учнями нових знань. Ми пропонуємо ввести лабораторні роботи переважно як засіб вивчення нового матеріалу, а не як перевірку фактів, що їх повідомив учитель. Зрозуміло, що такий підхід вимагає не просто значного збільшення кількості лабораторних робіт, а й суттєвої зміни ходу їх виконання. На наш погляд, додаткового часу це не вимагатиме, якщо використати час, відведений на фізичний практикум. Взагалі, проведення практикуму в кінці року навряд чи можна вважати доцільним; ідеально було б проводити кожну з робіт, запропонованих у практикумі, фронтально під час вивчення відповідних питань теми, або хоча б декілька робіт – у відповідному місці теми. Вказаний підхід не виключає традиційну лекцію вчителя, яка супроводжується демонстраційним експериментом: у кожного з засобів є свої межі застосування. Доцільність того чи іншого методу вивчення нового матеріалу визначає вчитель.

2. До початку роботи в ліцеї на кафедрі фізики педуніверситету була розроблена програма для фізикоматематичного класу. За основу було взято програми з фізики, розроблені у лабораторії навчання математиці та фізиці НДПІ України [1]. В другій частині цього посібника наведено програми для шкіл з поглибленим вивченням фізики, які в цілому враховують всі особливості навчання в спеціалізованих школах. Проте ми вважаємо, що поглиблене вивчення фізики не повинно замінюватись на розширене вивчення, коли в програму середньої школи включаються питання, що традиційно відносяться до курсу загальної фізики. Деякі з них взагалі не можуть бути коректно розглянуті за браком відповідного математичного апарату у школярів, деякі вимагають значного розширення попередніх тем, пов'язаних з ними. Ми вважаємо недоцільним розгляд навіть у

спеціалізованих школах деяких питань, включених в програму [1]. До них відносяться:

- Неінерціальні системи відліку (достатньо залишити лише «Поняття про НІСВ»).
- Основне рівняння динаміки обертального руху. Момент імпульсу. Закон збереження моменту імпульсу.
- Розподіл Максвелла і Больцмана.
- Теорема Остроградського-Гауса та її застосування до розрахунку електричних полів.
- Ефект Холла.
- Вмикання навантаження в трифазну мережу зіркою і трикутником. Лінійна та фазна напруги. Утворення обертового магнітного поля в трифазній мережі. Асинхронний двигун трифазного струму. (Обмежитись розглядом питання «Поняття про трифазний струм».)
- Ефект Комптона.

3. Аналізуючи результати роботи викладачів кафедри фізики в спеціалізованих та загальноосвітніх школах міста і досвід викладання фізики в 10 фізико-математичному класі ліцею-інтернату, ми дійшли висновку, що більшість учнів загальноосвітніх шкіл матеріал 9 класу з фізики засвоює незадовільно. В зв'язку з цим довелося передбачити в програмі 10 класу ліцею повторення основних питань механіки, яке, як показала практика, вимагає принаймні 45 годин (у фізико-математичному класі на фізику відводиться 5 год/тиждень). Це лише вдвічі менше часу, який відводиться програмою на вивчення всього курсу механіки у 9 класі. І справа тут не тільки в тому, як викладався цей матеріал в школі, а й в психологічних особливостях дітей цього віку, в їх математичній підготовці, у відсутності певної професійної орієнтації.

Ми вважаємо, що доцільно перенести вивчення механіки в курс фізики 10 класу. В 10 класі більшість учнів вже визначилися зі своїми уподобаннями, що стосуються подальшого навчання, і можуть обрати рівень вивчення фізики в зв'язку з своїм вибором. Зрозуміло, це приведе до радикальних змін навчальних планів і програм з фізики, до необхідності створення нових підручників, але якраз зараз, в умовах створення національної школи, такий процес пройшов би з найменшими втратами.

Реалізуючи цю ідею, матеріал з фізики у 7–8–9 класах слід віднести до першого концентру, зменшивши кількість годин, що відводяться на фізику у 9 класі, до 2 год/тиждень, і перенести одну годину в 10 клас, збільшивши кількість годин на фізику в 10 класі до 4 2 год/тиждень (масова школа, рівень В).

Перерозподіливши матеріал нинішніх 7 і 8 класів між 7–8–9 класами, можна було б у 7 класі ґрунтовніше вивчити деякі питання механіки, що не вивчаються у другому концентрі (наприклад, закон Паскаля, закон Архімеда), у 8 класі приділити більше уваги вивченню теплових явищ, а у 9 класі крім розширеного вивчення законів постійного струму можна було б вивчити геометричну оптику, включивши до програми, крім законів відбивання, також і закони заломлення світла, і різноманітні оптичні прилади. Останнє питання відіграє особливу роль в політехнічній освіті школяра і буде корисним йому незалежно від майбутньої професії.

В 7–9 класах за цим планом фізика вивчається в усіх школах однаково, а поглиблене її вивчення здійснюється за рахунок годин факультативу. Отже, ми пропонуємо профільну диференціацію з фізики запроваджувати лише в 10 та 11 класах.

Орієнтовний розподіл матеріалу відповідно до вищенаведеної ідеї дано в табл. 1. Кількість годин в 10 та 11 класх відповідає рівню В масової школи.

4. На закінчення – деякі зауваження, що стосуються оцінювання знань учнів у відповідності з концепцією рівневої та профільної диференціації. Очевидно, що оцінку «п'ять» учні різних шкіл чи класів одержуватимуть за різний рівень знань. Тому у свідоцтві про закінчення середнього навчального закладу, на наш погляд, повинно бути вказано рівень профільної диференціації.

Концепція рівневої диференціації нам здається надзвичайно плідною. Рівень обов'язкових результатів А – це оцінка «3», рівень В – це «четвірка», а С – «п'ятірка». Реалізація цієї ідеї, на наш погляд, дасть можливість усунути розбіжності в оцінюванні знань учнів, підвищити роль «трійки», а «п'ятірки» будуть одержувати лише ті учні, які вміють творчо застосовувати набуті знання.

Табл. 1

7 клас	8 клас	9 клас
2 год/тижд. (68 год.)	2 год/тижд. (68 год.)	2 год/тижд. (68 год.)
1. Вступ. Початкові відомості про будову речовини – 10 год. 2. Взаємодія тіл – 28 год. 3. Тиск твердих тіл, рідин, газів – 30 год.	1. Робота, потужність, енергія – 28 год. 2. Теплові явища – 40 год.	1. Електричні явища – 34 год. 2. Електромагнітні явища – 14 год. 3. Світлові явища – 20 год.

10 клас	11 клас
4 год/тижд. (136 год.)	4 год/тижд. (136 год.)
1. Механіка – 60 год. (без теми «Коливання і хвилі») 2. Молекулярна фізика – 40 год. 3. Електродинаміка – 36 год. (без теми «Магнітне поле»)	1. Електромагнетизм – 20 год. 2. Механічні коливання і хвилі – 12 год. 3. Електромагнітні коливання і хвилі – 60 год. 4. Квантова фізика – 34 год. 5. Узагальнююче повторення – 10 год.

Література:

1. Програми середньої загальноосвітньої школи. Фізика, астрономія. 7–11 класи. – Київ: Освіта, 1992.

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НАВЧАННЯ В ЗАГАЛЬНООСВІТНІЙ ШКОЛІ

М.І. Задорожній

Дніпропетровська область, Софіївський район, Новоюлівська
середня загальноосвітня школа

Комп'ютери і вчитель

Існує загальноприйняте поняття про інформаційні технології навчання, як обов'язкове використання електронно-обчислювальних машин для виконання обчислень, демонстрації зображень, зберігання та обробки текстової інформації, електронних таблиць, баз даних.

Зараз створюються навчально-ігрові програми з використанням сучасних мультимедійних засобів, які дуже добре демонструють можливості сучасної комп'ютерної техніки та здібності програмістів. Ці програми моделюють навчальну діяльність вчителя та учнів, намагаючись замінити вчителя.

Але ніякі комп'ютери і програми не замінять безпосереднього спілкування вчителя і учнів, тому потрібні програми, які б не витісняли вчителя з навчально-виховного процесу, а допомагали йому виконувати технічну, малопродуктивну роботу, підвищуючи цим самим продуктивність навчальної діяльності вчителя та учнів.

Висока продуктивність інформаційних машин

Загальновідомо, що людський мозок за своєю складністю та можливостями на багато порядків перевищує складність та можливості інформаційних машин, в той же час продуктивність машин при роботі з інформацією на скільки ж порядків вища, ніж людини. Чому ?

Можна назвати кілька причин:

- машина працює тільки з певним чином впорядкованою інформацією;

- машина працює за чітко організованою програмою;

- програма забезпечує повноту всіх можливих варіантів дій;

- програма забезпечує однозначність виконуваних дій.

При цьому слід відзначити, що ці чотири умови високої про-

дуктивності інформаційних машин забезпечують не самі машини, а люди, які створюють програми та користуються машинами.

Навчальна діяльність вчителів та учнів – це теж робота з інформацією, і якщо для цієї роботи створити такі ж умови, як і для машин, продуктивність роботи вчителя та результативність навчання учнів стане на порядок вищою.

Інформаційні технології без машин

Одним з перших створив умови для високопродуктивної навчальної діяльності вчителя і учнів Віктор Федорович Шаталов із Донецька більше 20 років тому. Він дійсно користувався:

- впорядкованою навчальною інформацією у вигляді конспектів;
- у нього був чітко організований навчальний процес;
- він описав близько 600 прийомів і методів навчання;
- він міг прогнозувати результати навчання учнів.

Очевидно не випадково саме в Донецьку зараз проводиться десятирічний експеримент АПН України з впровадження системи модульного навчання, що одержав назву "Школа розвитку", лід керівництвом Фурмана А.В. та Калугіна О.І.

У системі модульного навчання реалізована надзвичайно важлива і корисна ідея повного функціонального циклу навчального модуля, що дає можливість технологізувати навчально-розвиваючий процес.

Умови реалізації інформаційних технологій навчання

З моменту виникнення електронно-обчислювальних машин їх намагаються навчити робити те, що вміє людина. Зараз настав час людям вчитися у машин працювати з інформацією.

Отже, можна вважати, що інформаційні технології навчання це такі способи діяльності вчителя та учнів, які мають на меті зберігання, передачу, перетворення та використання навчальної інформації, при цьому забезпечують впорядкування, чітку організацію, повноту та однозначність цієї інформації.

Використання комп'ютерної техніки дає можливість покласти на машину виконання тих елементів інформаційних технологій, які комп'ютер виконує швидше і точніше, ніж людина.

Необхідність використання інформаційних технологій навчання

Кількість навчальної інформації з усіх навчальних предметів постійно зростає. Навчальний час обмежений фізіологічними можливостями учнів, і навіть зменшується через недостатнє фінансування. Тому переважна частина учнів та значна частина вчителів просто не встигають відповідним чином опрацювати навчальний матеріал підручника і довести навчально-виховний процес до логічного завершення, тобто учні одержують фрагментарні, неповноцінні знання.

Якщо пересічному вчителю та учням поряд з традиційним підручником дати впорядковану навчальну інформацію, це значно полегшить і прискорить їх навчальну роботу, дасть можливість учням одержати систематичні, завершені знання.

Фізика – це один із самих складних і насичених навчальною інформацією предметів. Поява нових підручників, введення обов'язкового екзамену з фізики в 10 класі, відсутність системи навчально-методичних посібників зумовлює необхідність підготовки та впровадження навчально-методичних посібників, описаних в статті "Новий зміст фізичної освіти" в газеті "Джерело" №24 від 25.12.1997 року.

Сучасний підручник – це навчально-методичний комплекс

З точки зору інформаційних технологій сучасний підручник повинен представляти собою навчально-методичний комплекс, що містить крім підручника всі друковані матеріали, необхідні для організації навчального процесу:

- програма з чітко поставленими навчальними завданнями та рівневою диференціацією навчального матеріалу;
- календарно-тематичний план вчителя, з чітко визначеною системою уроків;
- плани уроків вчителя, структура яких відповідає повному функціональному циклу навчання;
- довідник для учнів з впорядкованою навчальною інформацією;
- робочий зошит для учнів, що містить запитання, вправи, задачі;
- зошит з фізичного експерименту, що містить лабораторні роботи, досліди, експериментальні задачі;

- матеріали для повторення та систематизації знань учнів;
- збірник задач для самостійних та контрольних робіт учнів;
- комплект таблиць та наочних посібників.

Сучасний підручник – це комп'ютерна база даних

Забезпечити повноту і єдність всіх елементів навчального процесу можна за допомогою комп'ютерної бази даних з відповідним програмним забезпеченням.

Ця база даних повинна містити всі елементи навчального матеріалу: теоретичні відомості, запитання, вправи, задачі, досліди, лабораторні роботи, експериментальні задачі, структурно-логічні схеми для повторення та систематизації знань, контрольні роботи. Програмні засоби можуть формувати з єдиної бази даних всі необхідні посібники для учнів та вчителів.

Особливо слід відзначити можливість створення таких комп'ютерних програм, які складають тексти задач і розв'язують їх з повним записом розв'язку та визначають рівень складності задачі. Це дасть можливість забезпечити індивідуальність та ефективність навчання.

База даних – це максимально структурована система знань, тому програмні засоби можуть створити багато варіантів посібників різного рівня складності для кожного вчителя, кожного класу, кожного учня.

Довідник для учнів

Цей посібник містить всі поняття, властивості. Формули та їх застосування, які є у підручнику. При цьому збережено означення понять, формулювання властивостей та пояснення явищ та дослідів, які використовуються в підручнику. Okремо виділено групи понять, які характеризують фізичну величину. Також виділено формули та зразки виконання вправ, наведених у підручнику. Крім цього навчальний матеріал систематизовано за такими ознаками:

1. фізичні явища та дослідів;
2. поняття та величини;
3. властивості, формули та закони;
4. приклади та застосування явищ, понять, властивостей та

розділено на частини, які необхідно вивчати на одному уроці.

10. Явище всесвітнього тяжіння та маса тіла.

(Лабораторна робота 5) \$13,14

Яв 1. ГРАВІТАЦІЯ – це гравітаційна взаємодія тіл, наприклад притягання тіл до Землі.

Яв 2. ЯВИЩЕ ВСЕСВІТНЬОГО ТЯЖІННЯ – так ще називають гравітацію. Англійський вчений І.Ньютон у 1666 році висунув гіпотезу, що явище гравітації проявляється між усіма тілами у Всесвіті. Протягом двадцяти років він довів це.

Вел 3.	МАСА ТІЛА – фізична величина, яка є мірою гравітаційної властивості тіла.
Вел 4.	Масу позначають символом m (ем).
Вел 5.	Основна одиниця: кілограм (1 кг) Кілограм – це маса міжнародного еталона маси, знаходиться в м. Севрі поблизу Парижа (Франція)
Вел 6.	Похідні одиниці: грам 1 г = 0.001 кг міліграм 1 мг = 0.001 г = 10 ⁻⁶ кг тона 1 т = 1000 кг
Вел 7.	Вимірювальні прилади: важільні терези, пружинні динамометри.

Зак 8# ЗАКОН ЗБЕРЕЖЕННЯ МАСИ – маса тіла дорівнює сумі мас його частин, тобто маса тіла дорівнює масі молекули, помноженій на кількість молекул.

Фор 9. ФОРМУЛА МАСИ ТІЛА – $m = m \cdot N$

Зас 10. (ЛР) ВАЖІЛЬНІ ТЕРЕЗИ – вимірювальний прилад, призначений для вимірювання маси тіл способом порівняння з тілами відомої маси.

Зас 11. (ЛР) КОРОМИСЛО – стержень, який може вільно обертатись навколо своєї осі, розміщеної посередині нього.

Зас 12. (ЛР) ШАЛЬКИ – дві тарілки, підвішені до кінців коромисла. Якщо маси тіл, що лежать на шальках, однакові, терези перебувають у рівновазі.

Зас 13. (ЛР) НАБІР ГИР – набір тіл відомої маси.

Повторення та задачі

В цьому посібнику найважливіші поняття, властивості сис-

тематизовано навколо основних питань цього курсу фізики, а кілька таких питань, логічно зв'язаних між собою, об'єднуються в навчальний модуль. Так навчальний матеріал першої теми курсу "Фізика - наука про природу" об'єднано в шість модулів:

Фізика	Всесвіт	Речовина
Що вивчає ?	Нескінченна подільність Всесвіту	Молекули
Як вивчає ?	Простір і час	Величини
Як обчислює ?	Гравітація	Стани речовини
Астрономія	Фізичний експеримент	Величини та формули
Що вивчає ?	Вимірювальні прилади та способи вимірювань	Основні величини
Явища	Експериментальні задачі	Похідні величини
Поняття, величини	Лабораторні роботи	Фізичні константи
Властивості		Формули
Застосування		

Цей посібник використовується вчителем та учнями для систематизації та повторення знань, може служити планом пояснення або відповіді на найважливіші питання курсу фізики. Таблиця навчальних модулів також розміщується на змінному стенді у фізичному кабінеті. Крім цього посібник містить зразки розв'язування задач та контрольні завдання, в яких зібрано всі види вправ та задач підручника, об'єднаних у групи: експериментальні завдання, перетворення одиниць вимірювання фізичних величин та задачі з даної теми, об'єднані навколо певного фізичного явища.

МОДУЛЬ 2. ВСЕСВІТ

НЕСКІНЧЕННА ПОДІЛЬНІСТЬ ВСЕСВІТУ ...???	
Космос	= світ зірок та планет
Земля	= частина Всесвіту
Речовина	= складається з частинок
Молекула	= найдрібніша частинка речовини
Атом	= складова частина молекул
Субатомні частинки	= складова частина атомів

...???

ПРОСТІР ТА ЧАС	
Протяжність	= міра лінійних розмірів
Площа	= міра поверхні
Об'єм	= міра простору
Час	= форма послідовної зміни станів
	= міра тривалості подій

ГРАВІТАЦІЯ	
Явище всесвітнього тяжіння	= гравітація або (притягання тіл)
Маса	= міра гравітаційної взаємодії
Закон збереження маси	= маса тіла дорівнює масі його частин

Алгоритм розв'язування фізичних задач

Рівень 0	Рівень 1	Рівень 2	Рівень 3
I етап: Явища			
1.Аналіз явищ		2.Явище за графіком 3.Виконання малюнка	
II етап: Величини			
4.Відомі величини 9.Невідомі величини	5.Величини за одиницями	6.Величини за текстом 7.Величини за малюнком	8.Співвідношення величин
III етап: Формули			
10.Вибір Формул	11.Перетворення формул	12.Формули з індексами 13.Підстановка формул	14.Алгебраїчні дії 15.Розв'язування рівнянь
IV етап: Обчислення			
19.Підстановка значень 20.Усні обчислення 25.Одиниця ре-	16.Основні одиниці 17.Фізичні константи 18.Табличні	23.Стандартний запис 24.Тригонометричні функції 26.Зручний ви-	27.Дії з одиницями 28.Дії з векторами 29.Побудова

зультату	величини 21.Обчислення з калькулято- ром 22.Округлення значень	гляд	графіків
V етап: Відповідь			
30.Явище- результат 31.Значення невідомих			32.Аналіз варіантів

Розв'язування розрахункових задач

404(Р) М'яч масою 400 г, кинутий вертикально вгору з швидкістю 20 м/с, впав у ту саму точку з швидкістю 15 м/с. Визначити роботу сили опору повітря ?

Явище: а) рівносповільнений рух м'ча вертикально вгору під дією сили тяжіння та сили опору повітря;

б) рівноприскорений рух м'ча вертикально вниз під дією сили тяжіння та сили опору повітря. Закон збереження енергії: м'яч за рахунок частини своєї енергії руху виконує роботу проти сил опору повітря.

$$W_{k1} \rightarrow W_{k2} + A'o$$

Величини: $m = 400 \text{ г} = 0.4 \text{ кг}$ $v1 = 20 \text{ м/с}$ $v2 = 15 \text{ м/с}$ $A_o = ?$	Формули: $m \cdot v1^2/2 = m \cdot v2^2/2 + A'o$ $A'o = (m/2) \cdot (v1^2 - v2^2)$ $A_o = -A'o$
--	--

Обчислення: $A'o = (0.4/2) \cdot (\text{Sqr}(20) - \text{Sqr}(15)) = 35 \text{ (Дж)}$
 $A_o = -35 \text{ Дж}$

Відповідь: робота сили опору повітря дорівнює -35 Дж.

Розв'язування стандартних фізичних задач на комп'ютері

Комп'ютерна програма ELSA 3.1 написана на мові програмування BASICD з використанням модульної системи програмування, яка дає можливість використовувати окремі модулі програми, що містять до 50 команд. Особливістю цієї програми є

також те, що вона працює в автоматичному режимі. В цій програмі використовуються тільки команди вибору файлів. Алгоритм програми повністю відповідає алгоритму розв'язування фізичних задач.

Метою створення цієї програми було перевірити можливість створення таких програм, які розв'язують текстові задачі з фізики та перевірка самого алгоритму розв'язування стандартних текстових фізичних задач.

Для розв'язування задач програма використовує текстовий файл даниху в якому вказується список формул та величин. Тексти задач записуються в текстовий файл задач. Програма утворює текстовий файл розв'язків, в якому містяться тексти задач та повні розв'язки задач.

При роботі програми існує проблема однозначності запису величин в текстах задач. Так, використовуючи тексти задач із різних збірників без редакування, програма в більшості випадків не може ідентифікувати фізичні величини. Можливо це є також однією з причин труднощів в розв'язуванні фізичних задач учнями.

Файл задач

#Визначити магнітний потік , якщо через котушку площею 12 см² проходить магнітна індукція 150 мТл ?

#Яка магнітна індукція , створює в котушці площею 25 см² магнітний потік 240 мВб ?

#Визначити індуктивність котушки , площею 6 см² , що знаходиться в магнітному полі з індукцією 50 мТл і через неї проходить струм 1.2 А ?

#Знайдіть зміну магнітного потоку , якщо магнітний потік змінився від .25 Вб до .7 Вб ?

Файл розв'язків

Визначити магнітний потік , якщо через котушку площею 12 см² проходить магнітна індукція 150 мТл ? Площа витка $S = 12 \text{ см}^2 = .0012 \text{ м}^2$ Магнітна індукція $B = 150 \text{ мТл} = .15 \text{ Тл}$ Магнітний потік Φ - ?

Магнітний потік $\Phi = B \cdot S = (.15 \cdot .0012) = .00018 \text{ Вб}$

Яка магнітна індукція , створює в котушці площею 25 см² магнітний потік 240 мВб ?

Площа витка $S = 25 \text{ см}^2 = 0.0025 \text{ м}^2$ Магнітний потік $\Phi = 240 \text{ мВб} = 0.24 \text{ Вб}$ Магнітна індукція $B = ?$

Магнітний потік $\Phi = B \cdot S$ $B = \Phi / S$ $B = (0.24 / 0.0025) = 96 \text{ Тл}$

#Визначити індуктивність котушки, площею 6 см^2 , що знаходиться в магнітному полі з індукцією 50 мТл і через неї проходить струм 1.2 А ?

Площа витка $S = 6 \text{ см}^2 = 0.0006 \text{ м}^2$ Магнітна індукція $B = 50 \text{ мТл} = 0.05 \text{ Тл}$ Сила струму $I = 1.2 \text{ А}$ Індуктивність $L = ?$ Магнітний потік $\Phi = L \cdot I$ $L = \Phi / I$ Магнітний потік $\Phi = B \cdot S$ $L = (B \cdot S) / I$

$L = (0.05 \cdot 0.0006) / 1.2 = (0.00003 / 1.2) = 0.000025 \text{ Гн}$

#Знайдіть зміну магнітного потоку, якщо магнітний потік змінився від 0.25 Вб до 0.7 Вб ? Магнітний потік $\Phi_1 = 0.25 \text{ Вб}$ Магнітний потік $\Phi_2 = 0.7 \text{ Вб}$ Зміна магнітного потоку $\Delta \Phi = ?$

Зміна магнітного потоку $\Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1$ $\Delta \Phi = (0.7 - 0.25) = 0.45 \text{ Вб}$

Діагностика успішності учнів

Комп'ютерна програма DIAG 1.1 написана на мові програмування BASIC з використанням модульної системи програмування. Ця програма призначена для діагностики успішності учнів та тематичного контролю знань учнів, Програма визначає тематичну оцінку кожного учня, порівнює з тематичною оцінкою, виставленою вчителем. Потім визначає об'єктивність тематичної оцінки та достатність контролю знань учнів. Також визначаються такі показники навчання учнів, як активність та якість знань, відвідування занять.

І нарешті визначається рейтингова оцінка знань учнів по 100-бальній шкалі. В основу цієї оцінки покладено три положення:

- якщо учень одержав протягом теми тільки оцінки "б", це відповідає рейтинговій оцінці 50 балів;
- якщо учень одержав оцінки "5" на кожному уроці даної теми, тоді це відповідає рейтинговій оцінці 100 балів;
- якщо учень має недостатню кількість оцінок і має пропуски, тоді рейтингова оцінка відповідно зменшується.

Програма DIAG 1.1 створює такий текстовий файл:

#F59T3 П'ятниця 22 січня 1999 року 17:17:16

Фізика. 9 клас. Тема 3. Основи динаміки.

14 год.24.11- 2.02.96 Задорожній М.І.

Прізвище	Пот.оцін	ТеК	ТО	ТОс	Об.Дс	Акт.	Якіс	ПНав	Мед	РТ
БаранН	455554н	5	5	4.8	+	+	0.5	0.86	1.36	93 57
ГречкаВ	33333н	3	3	3	+	+	0.43	0.0	0.43	93 30
ДехтярукГ	нн33333н	3	3	3	+	+	0.43	0.0	0.43	79 30
ДятловО	444343	4	3	3.8	-	+	0.5	0.36	0.86	100 38
ЕськовІ	ннн3333н	3	3	3	+	+	0.36	0.0	0.36	71 30
ЗадорожнійВ	5нн5555555	5	5	5	+	+	0.64	1.29	1.93	86 73
КадченкоТ	н555555	5	5	5	+	+	0.5	1	1.5	93 63
КараушО	нн33333	3	3	3	+	+	0.43	0.0	0.43	86 30
КвасоваН	4554555	5	5	4.9	+	+	0.57	1	1.57	100 63
КвіткаО	3н3333н	3	3	3	+	+	0.43	0.0	0.43	86 30
КоржО	33333	3	3	3	+	+	0.43	0.0	0.43	100 30
КотовськаТ	н34333	3	3	3.1	+	+	0.43	0.07	0.5	93 31
ТатценкоР	нннн44344	4	4	3.9	+	+	0.43	0.36	0.79	71 39
ЯловаВ	34344	3	4	3.3	-	+	0.43	0.21	0.64	100 33
ЯловаО	54ннннн	4	4	3.4	-	-	0.21	0.29	0.5	64 34
ЯловийС	нн34333	3	3	3.1	+	+	0.43	0.07	0.5	86 31
Тема (сер)	3.8	3.7	3.7	3.6	81	94	.45	.34	.79	88 40

Сер. поточна оцінка	=3.8	Об'єктивність оцінок в %	=81
Сер. оцінка тем. контролю	=3.7	Достатність контролю в %	=94
Сер. тем. оцінка вчителя	=3.7	Тем. оцінка DIAG 1.1	=3.6
Активність учнів за урок	=.45	Відвідування уроків в %	=88
Якість знань учнів за урок	=.34		
Показник навчання	=.79	Рейтингова оцінка знань	=40

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ДЕМОСТРАЦИИ В КУРСЕ ОПТИКИ

Е.А. Кривенко

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Современный уровень преподавания физики в средней и высшей школе требует значительного совершенствования физических демонстраций.

Практика показала, что объёмные сложные демонстрации, требующие дорогостоящего оборудования, целесообразно заменить компьютерной графикой. Кроме того, многие процессы в физике можно наглядно представить с помощью динамических моделей.

Традиционно такие модели являются механическими. Примером могут служить механическая модель броуновского движения, механическая модель распределения молекул и др. Однако многие процессы таким образом смоделировать невозможно: демонстрация показывает лишь факт наличия того или иного явления, а его механизм приходится пояснять с помощью рисунков, что малоэффективно и во многих случаях усложняет усвоение материала.

В этом смысле роль компьютера сложно переоценить. Поэтому компьютерные динамические модели являются актуальной проблемой совершенствования методики изучения физики.

С помощью компьютера с гораздо меньшими затратами можно провести множество демонстраций. Сочетание математической модели с компьютерной графикой делают такой эксперимент наглядным, гибким, управляемым, что делает обучение более активным, вносит элементы исследования и позволяет понять явления, наблюдение которых в аудиторных условиях невозможно обеспечить никакими другими способами.

В данной работе предлагается компьютерное решение некоторых демонстраций курса физики.

1. Демонстрация дифракции Фраунгофера от щели

Демонстрация дифракции от щели является одной из самых трудоёмких демонстраций по оптике, требующей тонкой настройки оптической системы, затемнения аудитории. Кроме того, продемонстрировать изменение распределения интенсивности света при вариации ширины щели и длины волны в аудиторных условиях практически невозможно.

Математическое содержание данного явления, являющегося основой построения компьютерной программы, разработано в соответствии с [1].

Вариации длины волны осуществляются учащимися выбором на дисплее диска соответствующего цвета (красный, зелёный, фиолетовый, синий, белый). Установив определённую ширину щели (варьируемый параметр), получаем на экране график распределения интенсивностей света и соответствующий ему спектр, как показано на рис. 1.

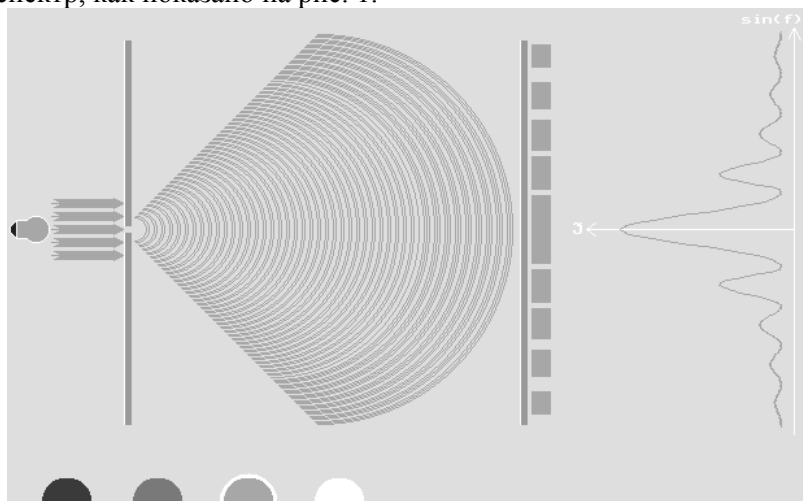


Рис. 1.

Применение компьютера при изучении данной темы даёт возможность решить одновременно несколько проблем:

- значительно упростить технологию эксперимента;
- ощутимо сэкономить время демонстрации;
- полностью исключить возможные неудачи при demonstra-

- ции;
- дать возможность вариации параметров;
 - сделать изучение этой сложной темы доступным для понимания;
 - сделать демонстрацию эмоциональной и наглядной, что в целом значительно повышает ее эффективность.

2. Геометрическая оптика. Демонстрация получения изображения с помощью тонкой линзы.

В данном случае компьютерные демонстрации не заменяют обычных демонстраций с использованием оптических приборов. Однако построения изображений требуют много времени, что отрицательно сказывается на продуктивности урока. Компьютерные демонстрации по данной теме позволяют производить неограниченное число вариаций параметров оптической системы и проследить зависимость размеров изображения от взаимного расположения линзы, экрана и предмета.

Математические основы построения компьютерных программ разработаны в соответствии с [2, 3].

Зависимость увеличения линзы от взаимного расположения предмета, экрана и линзы может быть получена из системы уравнений:

$$\begin{cases} \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \\ \Gamma = \frac{f}{d} \\ \Gamma = \frac{F}{d - F} \end{cases}$$

Эта зависимость Γ от d носит гиперболический характер, что показано на экране компьютера (рис. 2).

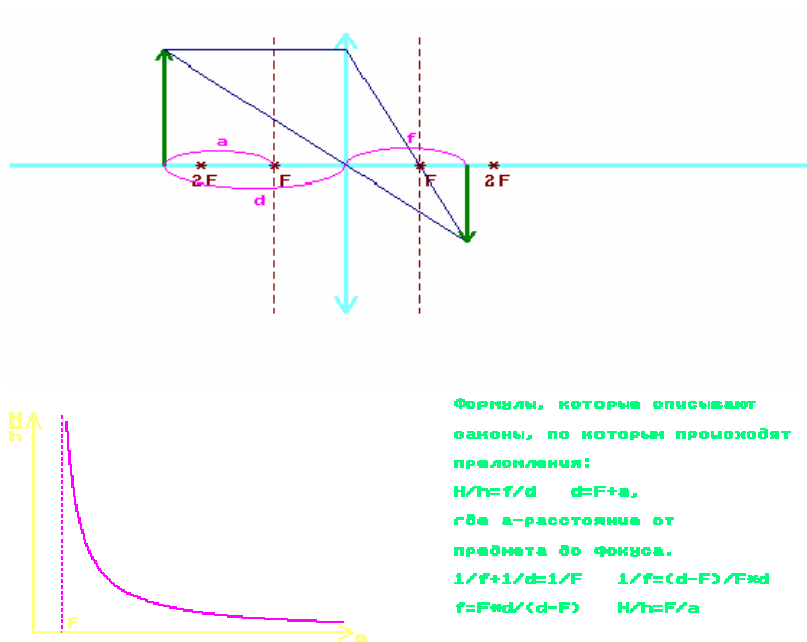


Рис. 2.

В динамике можно проследить, что при $d = F$ изображение исчезает, при $2F > d > F$ $\Gamma > 1$, при $d < 2F$ $\Gamma < 1$.

Наличие лаконичных пояснений делает возможным самостоятельное изучение данной темы.

3. Демонстрация механизма поляризации света.

Компьютерная демонстрация по теме «Поляризация света» крайне важна, т.к. позволяет продемонстрировать сложение напряжённостей поля световых волн, приводящее к эллиптической, круговой или линейной поляризации света. Как правило, это делается на лекции с помощью рисунков, которые не могут передать динамику процесса, а установить связь вида поляризации от сдвига фаз слагаемых волн можно только аналитически. Применение компьютера делает этот процесс наглядным и убедительным.

Те же соображения относятся к объяснению вращения плоскости поляризации света оптически активными средами. Компь-

ютер дает возможность представить в динамике плоскополяризованную волну как результат наложения двух волн, поляризованных по кругу вправо и влево и распространяющихся в веществе с различными скоростями.

Математические основы программ даны в соответствии с [4]. Варьируемыми параметрами является скорость вращения вектора напряжённости, направление вращения, амплитуда (рис. 3).

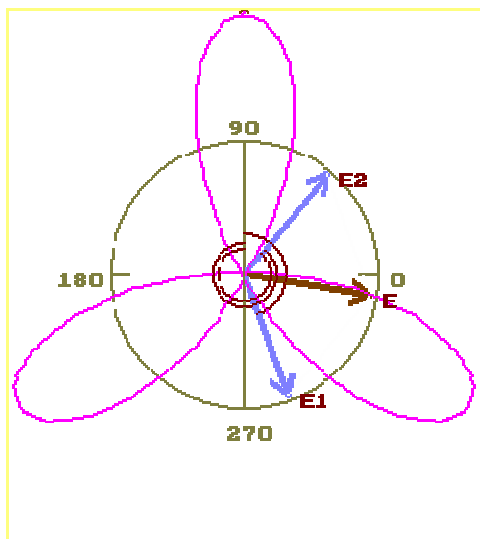


Рис. 3

Разработанные компьютерные демонстрации соответствуют всем методическим требованиям, предъявляемым к демонстрациям по физике. Апробация в условиях аудиторных занятий показала их высокую эффективность.

Литература:

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Т. 3. – М.: Наука, 1980. – 428 с.
2. Лаптев Н.К., Немцев А.С. Учебные компьютерные модели. // ИНФО. – 1991, №4, с. 70.
3. Калапуша Д.Р. Моделирование в изучении физики. – К.: Рад. шк., 1982. – 158 с.
4. Разумовский Н.В. Компьютер на уроках физики. // Физика в школе. – 1995, №3, с. 29-31.

АКТУАЛЬНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Н.С. Завизена

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

На современном этапе в процессе образования на фоне компьютеризации, начал использоваться еще один активный инструмент обучения – это компьютерные сети. С помощью средств информационной сети разработан новый вид организации обучения, который называется дистанционное обучение.

Дистанционное обучение в себе содержит необходимые атрибуты: базы данных, которые включают в себя:

1. описание учебного материала, инструкции (энциклопедии, справочники, словари);
2. обязательно наличие справочной системы, играющий роль помощника;
3. наличие интерактивных средств (гипертекст, гипермедиа), для удобного и комфортного обучения. Использование интерактивных средств, так же способствует дальнейшему развитию у студентов навыков пользования компьютерными и информационными системами, что способствует активизации их познавательной деятельности в процессе обучения;
4. и наличие консультаций, производимых преподавателями по электронной почте или же с помощью видеоконференций.

И по сегодняшний день актуальной остается задача эффективного обучения студентов вечерней и заочной форм. Именно системы дистанционного образования (ДО) могут существенно изменить процесс обучения тем, кто по разным причинам, не имеет возможность обучаться традиционным, очным способом. Одной из решения существующей проблемы может быть организация общедоступного дистанционного обучения. Естественно, как и любое обучение, так и дистанционное имеет свою методику и специфику проведения. Тем более оно является не традиционным, так как обучаемый и преподаватель находятся на расстоянии друг от друга. Поэтому должны быть некоторые условия выполнения такого обучения: должна соблюдаться динамич-

ность, разнообразие предлагаемого учебного материала; изложение материала должно представлять интерес для студента и стимулировать познавательную активность, при этом имея средства для самоконтроля.

Именно высшей школе принадлежит ведущая роль при решении проблемы в сфере подготовки специалистов высшей квалификации, которые в век компьютеризации и информатизации всех сфер человеческой деятельности, обладали бы глубокими теоретическими и практическими, профессиональными знаниями, умениями и навыками работы с компьютерной техникой, умениями и знаниями эффективной работы с информацией. Поэтому и стоит задача изменения и развития системы высшего образования, новые подходы и методы в повышении качества преподавания и его эффективности.

Важнейшее условие повышения эффективности обучения с новыми подходами и разработками – это психологическая, теоретическая и практическая готовность студентов к новым формам обучения.

Опыт показывает, что привлечение компьютерных программных продуктов в учебный процесс позволяет интенсифицировать процесс обучения студентов и помогает им приобрести навыки самостоятельной работы на компьютере. То же можно предложить и для заочной формы обучения, с целью перехода на новый современный уровень дистанционного образования. Но для этого нужно:

- иметь подготовленный преподавательский состав для такой формы обучения;
- изменить формы и методы обучения студентов-заочников по различным дисциплинам;
- иметь для такой формы обучения необходимые электронные пособия, обучающие программы, нужный программный инструментарий и т.д.;
- и, что самое важное, необходимую техническую базу для перехода на новую форму обучения.

Разумеется внедрение дистанционной формы образования привет к изменению методов и организационных форм обучения.

- предоставляется возможность использования, в зависимости от желания студента, разных электронных справочников, ил-

люстрированного материала, указаний к решению той или иной проблемы, и все эти возможности предоставляются в любом объеме;

- существует возможность варьировать ширину самостоятельной деятельности студента;
- при таком обучении включение студента в процесс мышления и процесс усвоения новых знаний происходит в условиях общения с компьютером, что способствует не только усвоению новых знаний, но и приобретению навыков работы с компьютерной техникой;
- существует визуализация, как непосредственно полученного результата, так и всего хода мышления;
- компьютерные технологии могут использовать разные формы управления учебной деятельностью. Компьютер может выступать как пассивным элементом в этом случае, так и активным все будет зависеть от того, какая роль для него отведена.

Деятельность студентов тоже заметно претерпевает изменений. Студент получает возможность самостоятельно принимать решения. Он может, не обращаясь к педагогу, получить интересующую его информацию и даже поэкспериментировать с ней. Попробовать разные пути решения задачи, с частичной, полной помощью компьютера или вообще без нее. Тем самым он получает доступ к более активному творческому поиску. И что является не маловажным аспектом, студент может не бояться сделать ошибку ни бурных эмоций, ни каких-то негативных последствий со стороны компьютера не последует. Обучаемый, таким образом, застрахован от лишних эмоциональных стрессов. Еще одним важным аспектом является возможность заниматься исследовательской работой, прослеживая в динамике развития различные явления и процессы.

Из всего выше сказанного можно сделать вывод, что дистанционное обучение является на сегодняшний день одним из новейших эффективных инструментариев обучения.

СОЗДАНИЕ УЧЕБНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НА БАЗЕ INTRANET-ТЕХНОЛОГИЙ

С.В. Брадул, Э.И. Славенко, С.А. Тернов
г. Донецк, Донецкая государственная академия управления

В Донецкой государственной академии управления подготовка специалистов-экономистов по курсу информатики и компьютерной техники в течение вот уже ряда лет завершается компьютерной практикой, при прохождении которой студенты решают поставленные практические задачи с применением изученных пакетов прикладных и специализированных программ. Опыт показывает, что большинство студентов воспринимают поставленные задачи как некоторую абстракцию и не могут связать их со своей будущей работой.

В связи с этим возникает проблема создания некоторой среды, которая позволила бы моделировать ситуации, требующие экономического анализа и принятия решений, с высокой степенью реализма. Использование такой среды, как во время занятий, так и во время различных видов практики, курсового и дипломного проектирования позволит, на наш взгляд, значительно повысить их отдачу.

Функционирующая в ДонГАУ локальная компьютерная intranet-сеть позволяет реализовать указанную выше идею достаточно простым способом, используя имеющиеся информационные сервисы такой сети, не отличающиеся от стандартных сервисов Internet (WWW, FTP, E-mail, Chat).

Для моделирования любой ситуации формируется некоторая рабочая группа, состав и взаимосвязи в которой представлены на рис. 1. Каждый участник такой группы оснащен автоматизированным рабочим местом (АРМ), включенным в локальную сеть. На АРМ предустановлен необходимый минимум программного обеспечения:

- Microsoft Office (Microsoft Excel) [1, 2];
- Statistica [3];
- Quantitative Systems for Business Plus (QSB+).

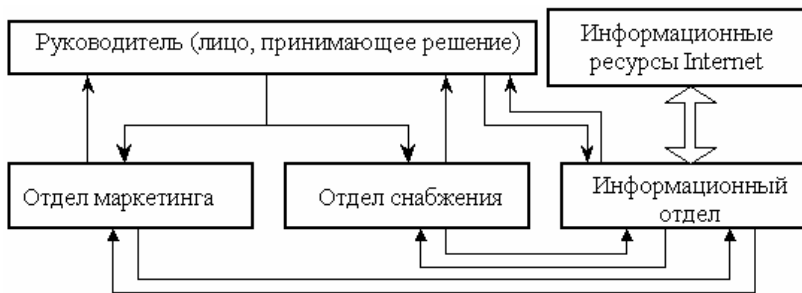


Рис.1

Наиболее естественной формой использования такой системы в учебном процессе является деловая игра. Распределение ролей ясно из схемы рис. 1. Опишем приблизительную сценарную схему такой игры. Заметим, что конкретное информационное наполнение этой схемы может быть многовариантным. Структурная блок-схема сценария представлена на рис. 2.

Пусть перед Руководителем некоторого предприятия стоит задача планирования выпуска на период T некоторой номенклатуры продукции, описываемой вектором

$$\mathbf{X} = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n),$$

где n – количество видов выпускаемой продукции. Для выпуска продукции требуются некоторые виды ресурсов (сырьевые, трудовые, временные и т.д.), потребность и запасы которых выражаются в денежной и/или натуральной форме.

Таким образом, Руководитель должен сформулировать задачу максимизации прибыли от выпуска указанной номенклатуры продукции, решить ее и получить оптимальный план производства. Задача формулируется следующим образом: максимизировать целевую функцию

$$\Pi = F(\mathbf{X}, \mathbf{A}, \mathbf{Z}) \rightarrow \max$$

при ограничениях $G(\mathbf{X}, \mathbf{B}) \leq 0$. Здесь \mathbf{A} – вектор цен на продукцию, \mathbf{B} – вектор запасов ресурсов, \mathbf{Z} – затраты на ресурсы.

Сформулированная задача является стандартной задачей математического программирования, для решения которых предназначены пакеты QSB+ и Microsoft Excel. Однако, для принятия решения Руководитель не обладает полнотой информации. Ему неизвестны конкурентноспособные цены на выпускаемую продукцию на планируемый период T и рыночные цены на необхо-

димые ресурсы. Необходимо также оценить собственные финансовые ресурсы, возможность получения и возврата кредита и т.д. Для получения недостающей информации он ставит соответствующие задачи перед отделами маркетинга, снабжения и информационным отделом.

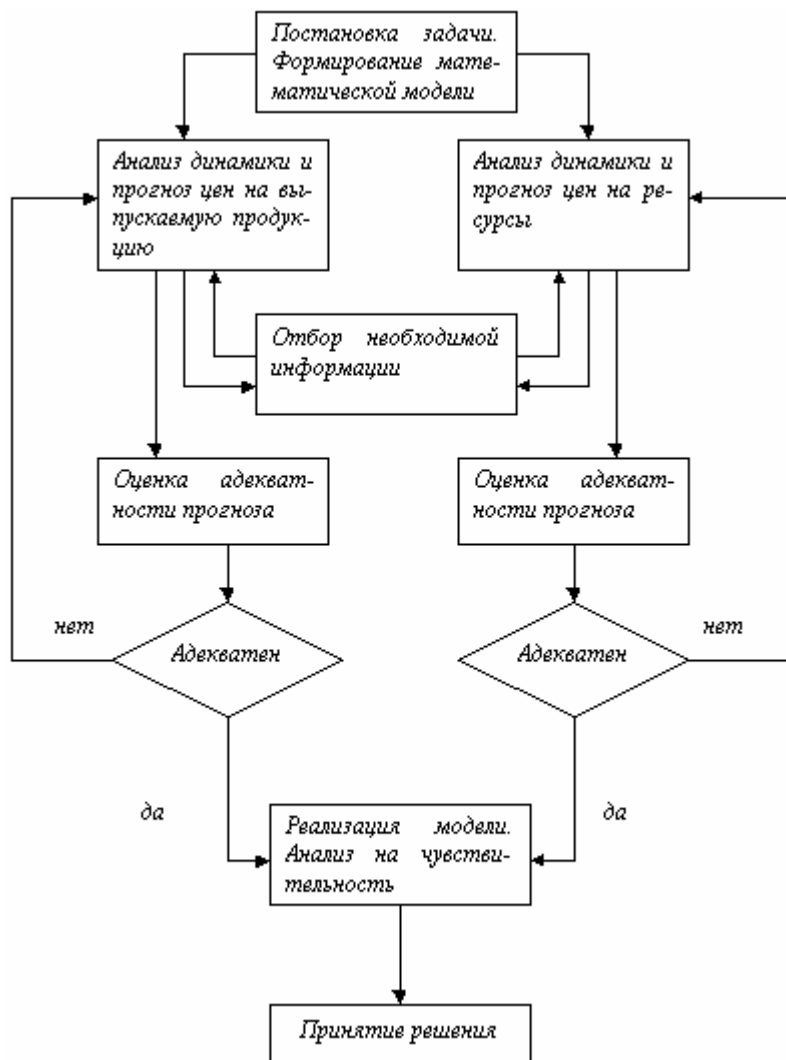


Рис. 2

Отделу маркетинга необходимо определить динамику цен на планируемую к выпуску продукцию и спрогнозировать цены на период T . Для выполнения данной задачи через информационный отдел должна быть получена и отобрана необходимая фактическая информация, преобразована в формат исходных данных пакетов Microsoft Excel и/или Statistica. Применяя возможности этих программных средств, необходимо получить адекватную регрессионную модель для прогноза. Адекватность прогноза проверяется с помощью T -распределения Стьюдента и F -распределения. Полученная в результате информация передается Руководителю.

Отдел снабжения, действуя аналогично отделу маркетинга, получает, отбирает и анализирует информацию о рынке ресурсов, производит прогноз цен, оценивает собственные финансовые ресурсы, производит поиск кредитного учреждения, оценивает величину кредита и возможность его возврата. Данная работа производится во взаимодействии со службой маркетинга и Руководителем.

Для получения окончательного оптимального решения не исключается многоэтапность и многовариантность поиска. Для анализа полученного решения и постановки уточняющих задач руководитель использует встроенные средства пакета QSB+ и Microsoft Excel.

Весь процесс поиска и анализа информации, деловое общение происходит только в среде локальной intranet-сети. В качестве информационных ресурсов используются специально разработанные Web-страницы, размещенные на WWW-сервере сети. Передача информации от службы к службе может происходить либо средствами электронной почты, либо через FTP-сервер сети. Деловое общение происходит также посредством электронной почты или системы интерактивного общения Chat.

Литература:

1. Э.Уэллс, С.Хешбаргер. Microsoft Excel'97. Разработка приложений. – СПб.: БХВ, 1998. – 624 с.
2. Конрад Карлберг. Бизнес-анализ с помощью Excel. – Киев: Диалектика, 1997. – 448 с.
3. В.П.Боровиков. Популярное введение в программу Statistica. – М.: Компьютер Пресс, 1998. – 267 с.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПОДГОТОВКЕ МЕНЕДЖЕРА

Т.Н. Золотарева

г. Донецк, Донецкая государственная академия управления

При подготовке будущего менеджера необходимо не только дать ему возможность приобретения навыков работы с общим программным обеспечением, но и познакомить студентов экономических специальностей с возможностями новых информационных технологий, рассматривая их в перспективе. С развитием малого бизнеса на Украине появился большой класс менеджеров нового поколения, способных эффективно использовать новые информационные технологии на рабочих местах. Менеджер должен знать что, прежде чем приступить к разработке рабочего места необходимо определиться с типом его структуры: распределенная или локализованная. Большинство руководителей до настоящего времени предпочитали распределенный тип рабочего места, имея за рабочим столом только дисплей и управляя экранной информацией посредством клавиатуры или речи. Основная же часть рабочего места руководителя располагалась у секретаря или помощника. Распределенное рабочее место предполагает наличие локальной и глобальной связи. Для локализованного рабочего места характерна функциональная замкнутость, которая обеспечивает автономную работу. Считают, что рабочее место локализованного типа, если присутствует только локальная связь. Благодаря появлению такой глобальной системы INTERNET эпоха одиночного компьютера заканчивается и, говоря, о локализованном типе рабочего места подразумевают наличие и глобальной связи.

Выбирая тип рабочего места, менеджеру необходимо знание характеристик как для локализованного так и распределенного рабочих мест. Для распределенного рабочего места характерно: развитая материально-техническая база; сложная организационная структура управления; большой объем поступающей и перерабатываемой информации.

Менеджер должен знать, что построение распределенного рабочего места требует значительных денежных затрат, привле-

чения специалистов по проектированию автоматизированных рабочих мест сотрудников предприятия и объединению их в единую сеть с обязательным выходом на компьютер менеджера предприятия. Однако затраты будут меньше, если до построения распределенного рабочего места менеджера уже существовали локализованные рабочие места сотрудников предприятия, выполненные по одинаковому проекту.

Развитие малого бизнеса на Украине породило новый вид менеджеров – менеджер-владелец и менеджер-управляющий в одном и том же лице. Такому менеджеру, чтобы успешно противостоять конкуренции, не раздувая штаты, необходимо учитывать множество факторов, взвешивать все расходы и сопоставлять их с предполагаемыми прибылями и только после этого принимать ответственные решения. Для такой работы требуется современный компьютер локализованного типа, а также высокий уровень информационной и математической подготовки будущего менеджера.

Рассчитав затраты на совершенствование управленческой деятельности и, определившись с выбранными операциями для первоочередной автоматизации, менеджер должен уметь разработать задание на построение единой информационной структуры предприятия. В задании должны быть отражены требования: к информации, поступающей на рабочие компьютеры сотрудников и лично менеджера; к программному обеспечению, функционирующему в системе; к организационной структуре информации.

Как правило, рабочее место менеджера должно удовлетворять следующим требованиям:

1. Программное обеспечение рабочего места менеджера должно содержать, как минимум пять подсистем, объединенных в единый комплекс: подсистему обеспечения деловой деятельности; подсистему обеспечения принятия решений; подсистему обеспечения рутинных работ, отражающих текущее состояние дел; подсистему обеспечения коммуникаций; подсистему обеспечения прогнозирования на основании статистической информации за конкретные периоды.

2. Организационная структура информационной базы должна иметь вертикальный тип, что позволит эффективно функцио-

нирывать системе. Такая организация предполагает объединение централизованных баз данных и локальных информационных баз специалистов.

3. Наличие достаточно развитой базы данных, постоянно пополняемой оперативной и достоверной информацией, при этом к отдельным ее фрагментам имеет доступ только руководитель.

4. Обеспечение оперативного поиска необходимой информации в базе данных и наглядное представление ее на экране монитора руководителя.

5. Адаптирование представляемой информации к психологическим характеристикам руководителя.

6. Наличие диалоговых программных средств обеспечения принятия решений с максимальной степенью приближения к конкретным ситуациям.

7. Наличие диалоговых программных средств, регулирующих организаторскую и административную деятельность.

8. Обеспечение оперативной связи с другими источниками информации в пределах организационной структуры и с непосредственными помощниками.

9. Простота работы в системе.

10. Обеспечение возможности накопления опыта в управленческой деятельности.

11. Надежность сохранности информации.

Подготовка менеджера должна включать изучение систем управления базами данных, поскольку рабочее место менеджера, как правило, базируется на достаточно развитой базе данных. К современным базам данных предъявляются следующие требования:

- развитие сетевых средств; переход к архитектуре обслуживания менеджера (пользователя);
- создание средств автоматизации проектирования прикладных систем; возможность работы в мультизадачном режиме;
 - повышение функциональных возможностей - эффективности, надежности, скорости и целостности системы управления базами данных;
 - совершенствование пользовательского интерфейса, т. е. упрощение процедурного языка запросов, позволяющего по-

низить требования к квалификации пользователя.

При развитии сетевых средств обработка данных осуществляется по запросу, т. е. передаются не файлы данных, а лишь выборки из базы, удовлетворяющие запросу. Менеджер практически переходит на новый уровень обработки информации, на котором основное внимание уделяется анализу, оценке данных, принятию решений.

По ходу накопления опыта работы на автоматизированном рабочем месте, у менеджера возникает необходимость создания автоматизированных информационных управляющих систем, которые будут включать экспертные и обучающие системы. Построение таких систем будет базироваться на накопленных базах знаний, принципах искусственного интеллекта, библиотеках прототипов, средствах генерации контрольных примеров и документации по создаваемым системам.

В программу обучения менеджера должно включаться довольно большой класс различных специализированных пакетов, например таких как ведение личной деловой деятельности, расчет статистических характеристик, нахождения оптимальных решений, бухгалтерские расчеты, различные виды анализа экономической информации и т.п.

Таким образом, одной из особенностей задач управления является выбор оптимального варианта принимаемого решения при наиболее целесообразной линии поведения. Для определения лучшего варианта решения из числа возможных решений пользуются математическими методами. Уже существует программное обеспечение, доступное менеджеру и позволяющее находить оптимальное решение, а также делать прогнозы на будущее. К такому программному обеспечению относят пакет Microsoft Excel, специализированный пакет QSB, прикладной пакет статистической обработки данных STATISTICA. Менеджеру необходимо правильно сформулировать задачу и выразить ее математическим языком (составить математическую модель), ввести данные и получив результат проанализировать его. Если полученное оптимальное решение неудовлетворительно, то можно модифицировать созданную модель, решить ее и получить новый результат и т.д.

Строя математическую модель задачи управления необхо-

димо помнить, что выбор цели и формирование критериев ее достижения (ограничений) является первоочередной и наиболее трудоемкой задачей, так как требует от менеджера умения отобрать достаточный минимум переменных и ограничений, которые, как правило, несовместимы друг с другом. В реальных задачах управления выбирают 1-10 существенных критериев, приоритет которых определяется ранжированием, а также учитывают практический опыт работы.

Таким образом, подготовка менеджера должна базироваться не только на умении «работать за компьютером», но и на знаниях позволяющих быстро и качественно использовать достижения новых информационных технологий в своей профессиональной деятельности.

ОРГАНІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО НАПОВНЕННЯ ЛОКАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

К.А. Безпалько

м. Біла Церква, Білоцерківський державний аграрний університет

Інформатизація різних галузей діяльності людини сприяє зростанню об'єму фінансової, технічно-економічної, технологічної, виробничої та іншої інформації, а також породжує нові форми використання цієї інформації. Це сприяє новому прискоренню у вивченні проблем, пов'язаних з інформаційним забезпеченням різноманітних галузей людської діяльності (наука, економіка, управління, виробництво, соціальна сфера та інше). Сьогодні інформація – це один із головних видів ресурсів, що обумовлюють економічний статус країни. Відповідно до цього з кінця семидесятих років почались дослідження в галузі управління інформаційними ресурсами (information resources management або information management). В останні роки замість термінів "інформація" та "інформаційні ресурси" все частіше почали вживатися терміни "ресурси знань" (knowledge resources), а інформаційні робітники почали іменуватися "спеціалістами по знанням" (knowledge officers). Провідні західні спеціалісти в області економіки та менеджменту вважають, що забезпечення успіху фірми на ринку залежить від рівня її оволодіння новою інформацією, новими знаннями. Для цього фірма повинна стати тією "що навчається" (learning organization) та здатною ефективно використовувати сучасні інформаційні технології з метою оволодіння новими знаннями.

Відповідно до даних тенденції система вищої освіти також знає позитивних змін, що пов'язані з інформатизацією своєї діяльності та поступової інтеграції в світову освітню систему. При цьому в інформаційному плані однією із головних задач ВУЗів економічного профілю є підготовка кадрів, здатних сприйняти та успішно реалізувати на практиці ідею "фірми що навчається". При використанні таких підходів особливі вимоги пред'являються до наповнення інформаційної бази та управління інформаційними ресурсами ВУЗу.

Інформація, що циркулює в межах вищого навчального закладу, ділиться на два важливі потоки: навчально-методична та науково-дослідна. Наповнення локальної мережі інформаційними ресурсами здійснюється наступними шляхами:

- встановлення в мережі навчального закладу прикладних програмних систем навчального характеру (в тому числі різних комп'ютерних ділових ігор);
- придбання, інсталяція та надання в загальне користування баз даних та електронних каталогів (каталогів бібліотек та закордонних видавництв);
- формування власних електронних каталогів, картотек та баз даних;
- розміщення в мережі демонстраційних варіантів різних закордонних баз даних та опис цих баз;
- створення та надання до користування в мережі електронних навчальних матеріалів (підручники, методичні посібники, тощо);
- автоматизація навчального процесу шляхом забезпечення вільного доступу до створених баз даних (наприклад: розклад занять, навчальні плани та ін.);
- введення безпаперової технології та наповнення мережі інформацією загального користування (внутрішня електронна пошта, дошка об'яв та ін.);
- розміщення у внутрішній мережі ВУЗу інформації, отриманої з світової мережі Інтернет (наприклад: інформаційні листи та програми конференцій, об'яви про конкурси наукових проєктів та вимоги до їх оформлення та ін.).

Успішне вирішення проблем інформаційного наповнення локальної мережі вищого навчального закладу та управління ціми ресурсами можливе лише при умові активної участі в роботі по інформатизації всіх служб, а також всіх кафедр ВУЗу, якісної технологічної підготовки робіт та чіткої загальної координації з боку керівництва. Далі ми спробуємо обговорити загальну структуру інформації, яка необхідна для побудови повноцінних Web-серверів загальноосвітніх та спеціальних кафедр в локальній мережі навчального закладу з можливістю надання доступу до цього серверу з мережі Інтернет.

Як було вже вказано, інформація всередині ВУЗу

поділяється на два потоки: учбово-методичний та науково-дослідний. Розглянемо кожен з них окремо.

Навчально-методична частина серверу призначена виключно для студентів та абітурієнтів. До неї бажано включити:

1. Коротка історія кафедри, вивчасма спеціальність, предмети, що викладаються.

2. Короткі відомості про працівників та інших співробітників кафедри.

3. Календарний план навчання. Останні зміни, що могли бути не внесені до паперового оригіналу.

4. Довідкові данні до навчальних тем.

5. Інформацію про екзамени та заліки, а саме:

- Питання до езаменів та заліків.
- Приклади білетів та задач, а також розв'язків до них.
- Підготовка (чому слід надати особливу увагу).

6. Розклад занять, консультацій, заліків, екзаменів.

7. Дошка об'яв.

Зупинимось детальніше на довідкових даних. На лекції викладачі частіш диктують визначення основних понять, надають матеріал у вигляді таблиць, графіків, рішення тих чи інших рівнянь. Була б досить корисною можливість попереднього ознайомлення з ціми даними. Років п'ять назад відповідні дані входили до складу матеріалів, що роздаються студентам на заняттях. Зараз цей досвід не дуже ефективний, оскільки друкарські послуги на сьогоднішній день потребують значних витрат. Якщо ж викладачі розмістять цю інформацію в мережі ВУЗу, то студенти самі потурбуються про доступ до неї.

Науково-дослідницький розділ серверу кафедри повинен бути спрямований на пошук наукових партнерів і, відповідно, мусить вміщувати в собі:

Інформацію про роботи, що проводились або проводяться на кафедрі, а саме

1. Розробки та проекти, які можливо буде запропонувати студентам, аспірантам, вченим всьго світу.

2. Довідкові дані в своїй області знань.

Крім цих двох складових, користуючись найновішими досягненнями можливо додати інтерактивний розділ для співробітників, призначений для проведення конференцій,

засідань, а також для оповіщення про різні заходи та строки виконання робіт.

Природньо, що в наш час багато науковців намагаються вийти на міжнародний рівень, тому науково-дослідницький розділ сервера необхідно надати і на англійській мові, щоб зацікавити іноземних колег.

Описаний підхід було частково використано при створенні WEB-серверу Білоцерківського державного аграрного університету <http://www.btsau.kiev.ua> та кафедри інформаційних систем і технологій <http://www.btsau.kiev.ua/univer.htm>.

МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ МЕРЕЖІ INTERNET У ВИКЛАДАННІ ТЕОРІЇ ОСНОВ РИНКОВОЇ ЕКОНОМІКИ

О.С. Бондар

м. Біла Церква, Білоцерківський державний аграрний
університет

Internet є самою великою з комп'ютерних мереж. Кожен день десятки мільйонів людей користуються нею.

Для підготовки студентів, які б змогли не тільки користуватися можливостями Internet, але й розуміти принципи її функціонування, на I курсі економічного факультету викладається дисципліна «Програмне забезпечення». Студенти повинні оволодіти правилами користування, які встановлені в Internet, а також отримати знання про принципи побудови Internet, підключення до нього, правильну організацію роботи, роботу з електронною поштою, пошук ресурсів в Web.

З появою WWW (World Wide Web) змінився спосіб використання мережі Internet. Зовсім недавно при роботі з мережею, для того, щоб знайти і отримати доступ до ресурсів Internet, потрібно було використовувати багато різних клієнтських додатків. Для полегшення пошуку і отримання інформації деякі служби Internet створили індексні каталоги. Перша послуга такого роду забезпечувала мережевий доступ до карточних каталогів бібліотек. Потім стало підтримуватися індексування інформації самої Internet. Раніше для використання таких послуг необхідно було спеціальне програмне забезпечення. Сьогодні доступ до багатьох з них можливий через сервери Web.

Існує декілька інструментальних засобів фірми Microsoft, які підтримують використання Web. Деякі з них можуть бути вбудовані в відомі програми (Microsoft, Word, Excel і т.д. – ці програми також вивчаються в курсі «Програмне забезпечення») і дозволяють робити в Internet майже все, починаючи з перегляду і закінчуючи створенням висококваліфікованих документів.

Internet – це динамічна мережа. Старіння довільного з її ресурсів складає біля 4 років. Це означає, що за рік в довільному її заголовку мережевих ресурсів устаріває приблизно четверта частина повідомлень. Якість мережевих ресурсів не однакова.

Тільки тоді, коли студенти навчаються самостійно знаходити необхідну інформацію, можна буде сказати, що вони дійсно оволоділи майстерністю роботи з Internet.

Маючи всі ці навички, студенти старших курсів можуть звернутися до всього людства з метою відповісти на їх питання.

Система телеконференцій – засіб, який дозволить студентам приймати участь у великій кількості дискусій.

На створювану інформаційну систему ресурсів у Білоцерківському державному аграрному університеті покладатиметься декілька завдань. Вона повинна надавати керівництву безпосередній та легкий доступ до потрібної інформації. Вона повинна забезпечити можливість електронного документообігу як всередині університету, так і за його межами; сприяти покращенню роботи в бібліотеці. З цією метою створена інформаційна система, яка включає електронний каталог та систему пошуку, що працює безпосередньо на сторінках серверу. Подальший шлях розвитку цієї системи в введенні повного каталогу бібліотеки в БД, маркування книжок штрихкодом та початок обслуговування читачів за допомогою АРМ.

В нашому університеті створений Web-сервер. На ньому поміщена інформація про історію міста та університету. По кожному факультету представлена інформація про перелік кафедр, викладачів та дисциплін, що вивчаються на цих кафедрах. Важливим пунктом є створення електронних підручників. Вони розподіляються на створення лекційних курсів для демонстрації під час читання лекцій, підручників для самостійної підготовки студентів, завдань лабораторно-практичних занять.

По дисципліні «Програмне забезпечення» вже створено електронний підручник. Такі підручники потрібно створити по кожній дисципліні, що вивчається в університеті. Також потрібно створити систему лабораторних та лабораторно-практичних робіт, розробити тести для перевірки оволодіння матеріалом студентами.

Інформаційна система створювалась в напрямку максимального відкриття всіх бажаних для публікації і широкого доступу ресурсів університету. Сьогодні ззовні можна визначити головні напрями наукової діяльності і встановити при необхідності електронний зв'язок для проведення сумісних досліджень з вченими

нашого університету.

На основі Internet можна побудувати навчальний процес по багатьох дисциплінах. Потрібно навчити студентів спілкуватися з викладачем за допомогою засобів Internet. Студент повинен вміти поставити запитання викладачу через електронну пошту. Це буде корисним не тільки для студента, але й для викладача, так як викладач зможе зрозуміти, на які питання слід звернути увагу на лекціях. Такий спосіб навчання також розширить горизонти мислення студентів, зробить процес навчання більш творчим, а також привчить студентів більш самостійно і більш відповідально підходити до процесу навчання. Якщо деякі моменти в процесі лекції студентом були не повністю зрозумілі, він може звернутися до електронного підручника чи піти навіть далі: поспілкуватися з студентами інших вузів для з'ясування даного питання.

Зараз перед усіма ведучими викладачами стає питання розробити електронні підручники, систему проведення лабораторних занять та контролю знань студентів за допомогою засобів Internet.

Студенти – це передова творча молодь. Вони прагнуть до всього нового, прагнуть творчо підходити до процесу здобування знань. Наше завдання підтримувати цей творчий процес у формуванні особистостей майбутніх керівників виробництва.

Такий підхід до здобуття знань стався в пригоді молоді і тоді, коли вони почнуть свою трудову діяльність. Вони зможуть надати інформацію про свою фірму в мережу Internet, а також отримати інформацію про ринки збуту продукції та відомості про постачальників та інше.

В нашому університеті зараз є 5 комп'ютерних класів. Завдання викладачів нашої кафедри – це навчити студентів працювати в Internet, завдання викладачів інших кафедр – надати матеріал, з яким студенти будуть працювати, а завдання адміністрації – це збільшити кількість комп'ютерних класів.

WWW сервер БДАУ - WWW.B.TSAU.KIEV.UA	Інформація	Україна		
		Білоцерківський район		
		Біла Церква		
		Прийомна комісія		
		Новини		
		Програми		
		Плани		
		Наукова робота	Агрономічний факультет	
			Зооінженерний факультет	
			Факультет вет. медицини	
	Економічний факультет			
	Вісник БДАУ	Подача статей у вісник		
		Отримання надрукованих праць		
	Корисні посилки	Головні пошукові системи		
		Посилки на наукові журнали		
Контакти		<i>Контактна інформація адміністрації БДАУ</i>		
Бібліотека		<i>Пошукова система по електронному каталогу</i>		
Підрозділи	Агрономічний факультет	Каф. агрохімії та ґрунтознавства	Склад кафедри	

Схема 1. Інформаційна система ресурсів у Білоцерківському державному аграрному університеті.

ПРОБЛЕМИ І РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОРИСТАННЯ НОВІТНІХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ СТВОРЕННІ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ

В.С. Колеватих

м. Біла Церква, Білоцерківський державний аграрний університет

В рамках необхідності корінного реформування і розвитку системи освіти в Україні виникають проблеми впровадження в учбовий процес сучасних інформаційних технологій (зокрема, в систему контролю знань). Це і необхідність її розробки та створення системи використання, а також, що головне, якісної і швидкої обробки та інтерпретації результатів.

Тому важливим питанням постають проблеми створення автоматизованих систем контролю знань, які б дозволили швидко і ефективно здійснювати проміжний і підсумковий контроль знань студентів, а потім автоматично накопичувати та зберігати, відповідно встановлених критеріїв обробляти і інтерпретувати результати тестування.

Відповідно до можливих способів використання подібні системи можна поділити на три типи:

- система – засіб навчання і самоконтролю студентів: система, яка представляє собою підручник, який не несе в собі мети контролю знань студентів. Після тестування кількісні результати тесту та їх якісна оцінка одразу повідомляються студенту. Корисний, по-перше, як підручник і засіб самоконтролю студентів; по-друге – він дає можливість студентам підготуватись до проміжних і підсумкових контролів знань, оцінити свій рівень підготовки і рівень вимог по даній дисципліні, виробити стиль підготовки до занять. З технічної точки зору реалізується найбільш просто.

- тест – засіб контролю викладачем рівня знань і навичок студентів: в свою чергу поділяється на два підтипи (в залежності від складності тестів):

а) система з полуавтоматизованою обробкою і інтерпретацією даних – використовується для реалізації тестів 3-го рівня складності (тести, які не мають однозначної відповіді на

питання і для оцінки якості відповіді при перевірці потребують участі викладача). Таким чином, система після збору результатів тестів здійснює первинну її обробку, а остаточна інтерпретація і оцінка залишається викладачу. Корисна для здійснення підсумкового контролю знань, яка така, що в більшому ступені забезпечує об'єктивність результатів тестування. Технічно реалізується трохи складніше, ніж попередня.

б) система з повною автоматизацією обробки та інтерпретації даних – використовується для реалізації тестів 1-го і частково 2-го рівня складності (тести, які допускають лише конкретну відповідь на питання і можуть бути інтерпретовані формально, без участі викладача). Тобто після збору результатів тестів система відповідно до формальних правил і принципів автоматично обробляє і оцінює рівень знань і навичок тестуємих. Корисна для здійснення проміжного контролю (атестації, контрольні, в деяких випадках заліки). Найбільш технічно складний варіант системи.

Нема сумнівів, що ефективне застосування тестів в навчальному процесі неможливе без використання всіх трьох запропонованих форм їх програмно-апаратної реалізації – лише тоді вони будуть присутні на всіх стадіях учбового процесу: підготовки до занять, безпосередньо на заняттях і на контрольно-методичних міроприємствах.

В роботі пропонується автоматизований комплекс контролю знань студентів Білоцерківського державного аграрного університету, якій поєднує в собі всі вищеперелічені форми організації.

Концептуальний принцип цієї системи зводиться до максимального спрощення клієнтських частин комплексу (робочого місця тестуємого студента та робочого місця викладача по створенню варіантів тестів). Основну роботу по збору, зберіганню та обробці інформації здійснюється сервером. Система повинна забезпечувати безперебійну і одночасну роботу по тестуванню багатьох (15-ти і більше) студентів. Саме тому була обрана схема побудови робочого місця студента на базі використання World Wide Web-intranet технологій. Перевагами цього вибору є мала ресурсоемкість програм-броузерів і як наслідок низькі вимоги до апаратного забезпечення, простота використання, а також дос-

тупність програм-браузерів (Microsoft Internet Explorer входить в стандартну поставку операційної системи Windows 95/98/NT).

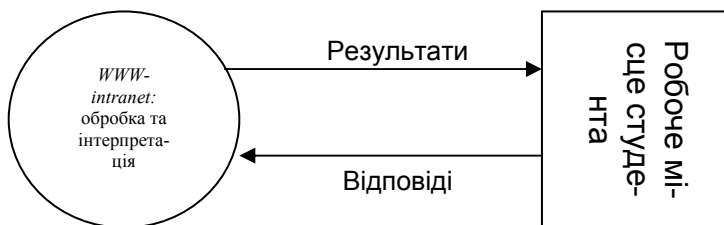


Рис. 1. Система – засіб навчання і самоконтролю студентів

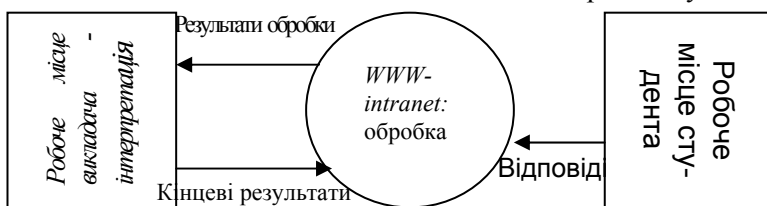


Рис 2а. Система з полуавтоматизованою обробкою і інтерпретацією даних



Рис 2б. Система з повною автоматизацією обробки та інтерпретації даних.

Таким чином, в загальному випадку інформація з робочого місця студента (побудованого на основі intranet-технологій – браузера і підключення до корпоративного WWW-сервера) за допомогою механізмів idc/htx та ODBC направляється до бази даних на сервері, де відбувається їх обробка і результати або тим же шляхом повертаються до робочого місця студента (рис. 1) або направляються до термінальної клієнтської програми бази даних, розташованої на робочому місці викладача для наступної обробки чи виведення і використання (рис. 2а, 2б).

Крім того, робоче місце викладача дозволяє вносити до бази даних новостворені тести та їх варіанти, змінювати розподіл питань по варіантах.

Крім того, характерними особливостями даної системи є універсальність її застосування, простота використання і налагодження її для інших учбових закладів.

Ця система і інші, якщо вони створені або будуть створені, представляють особливу цінність для розвитку рівня інформаційних систем, враховуючи практичну нерозробленість даної теми в наукових та учбових закладах України.

В умовах хаотичного і нерівномірного розвитку інформаційних технологій в Україні доцільно було б докласти зусиль по організації і впорядкуванню інформаційного простору між освітніми закладами – здійсненню координації і співробітництва в галузі впровадження інформаційних технологій в навчальний процес, узгодженню науков-методичної роботи, розробки інформаційного наповнення систем контролю знань і відповідного обміну досягнутими результатами. Крім того, безпосередньо торкаючись теми даної статті, було б доцільно створити центр по розробці і впровадженню тестів і тестових систем в учбових закладах України. Це позитивним чином відобразиться на розвитку інформаційних технологій і ресурсів серед навчальних закладів України, а також на ефективності і рівні викладання і навчання більшості дисциплін, дозволить більш ефективно використовувати робочий час як викладача, так і студента.

ІНСТРУМЕНТАЛЬНО-ВИКОНАВЧА СИСТЕМА НАВЧАННЯ ТА ТЕСТУВАННЯ

О.П. Поліщук

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний
університет

Одним з напрямів підвищення ефективності комп'ютерної підтримки учбового процесу є надання викладачу-предметнику простої та зручної у користуванні інтерактивної інструментально-виконавчої системи з набором навчальних матеріалів та тестових завдань для перевірки знань. Наявність двох підсистем – підсистеми навчання та підсистеми тестування й обліку успішності дозволяє викладачеві вирішити проблему одночасового опитування при проведенні занять у комп'ютерному класі. Учень, в свою чергу, отримує можливість самостійного повторного тестування для виправлення не задовільняючих його оцінок з тих чи інших вже опрацьованих тем.

Педагогічний досвід свідчить, що таких систем було чимало; більшість з них були зорієнтовані на навчання програмуванню. Сьогодні майже всі створені у 60-і роки навчальні системи, крім PLATO (Programmed Logic for Automated Teaching Operation - програмована логіка для автоматизованих навчальних операцій), не мають практичного значення. За своїми дидактичними можливостями вони мало відрізнялись від систем, що використовували найпростіші технічні засоби навчання і передбачали жорстку, практично виключаючу діалог детермінацію діяльності учнів. Проте саме перші розробки стимулювали інтерес до комп'ютерного навчання, а розвиток технічного і програмного забезпечення персональних комп'ютерів призвів до розширення можливостей їх використання у навчанні.

Не випадково в останні роки ми спостерігаємо стійкий інтерес до різного роду інструментальних оболонок типа Framework (на базі якої в Центрально-Міській гімназії м. Кривого Рога досить успішно вивчається курс комп'ютерного моделювання), однак реалізація в них учбових задач відбувається не завжди адекватно, а найчастіше їх взагалі не можна втиснути у рамки цих систем. Інший їх різновид – авторські оболонки – як

правило, призначені для якщо не разового використання, то для вузького кола користувачів. Більш того, навіть з такими системами познайомиться практично неможливо з тієї причини, що вони звичайно не виходять за межі учбового закладу, у якому розроблені.

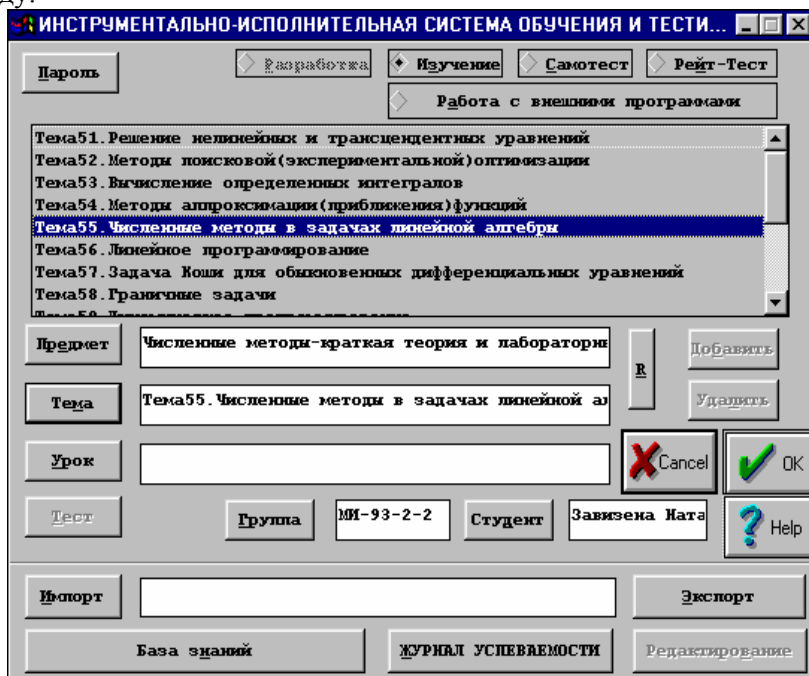
Звичайною вимогою є те, що інструментальна частина системи повинна обслуговувати функції створення, знищення, коректування учбових матеріалів і тестових завдань, щоб кожен викладач мав змогу формувати виучуваний курс під свої методи і конкретні умови праці. У той же час поставка "порожніх" оболонок, навіть дуже гарних, малоефективна, оскільки процес їх наповнення вимагає витрат часу і вимагає замислюватись над тим, що саме ти хочеш зробити (наприклад, закладений нами у розроблену оболонку елементарний курс інформатики складається з 100 уроків й близько 1000 тестів загальним обсягом більше 1 Мб).

То ж як усунути чи пом'якшити зазначені вище недоліки? Насамперед, така система повинна бути гарно документованою і мати хоча б примітивну систему допомоги, бажано контекстозалежну. Вона має бути відкритою і здатною до обміну даними з іншими програмами, не змушуючи користувача працювати з навчальним матеріалом лише в ній. І, звичайно ж, вона повинна мати інтуїтивно зрозумілі засоби керування, наприклад, в стандарті Common User Access фірми IBM.

Розроблена нами система TEST в одному з своїх варіантів є повноцінною Windows-аплікацією і в цьому варіанті може функціонувати на IBM-сумісних PC-386 та вище під керуванням Windows for Workgroups 3.11+. Це означає, що вона може виконуватися одночасово з іншими програмами, не заважаючи їм, а користувач може переходити за необхідності у будь-яку з них. Так, скажімо, при вивченні курсу чисельних методів типовими програмами, що сумісно працювали на одній ЕОМ, були

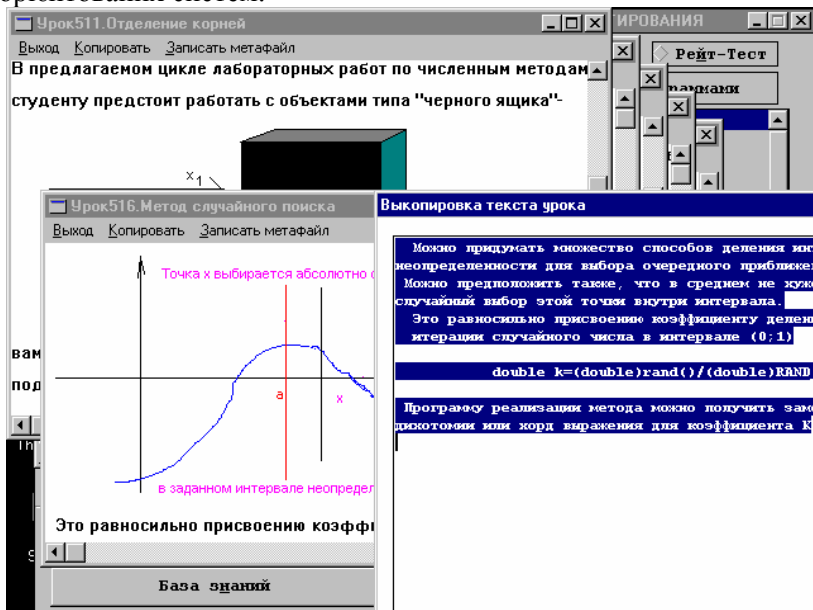
- Диспетчер програм (progman) - оболонка, з якої відбувається запуск усіх інших програм
- Pri/Sec (ruslat) - русифікатор Windows for Workgroups
- Borland C++ 3.1 for Windows (bcw) - інтегроване середовище мови C++, у якому виконувалися завдання з курсу чисельних методів

- Інструментально-виконавча система навчання та тестування (test), яка містила теорію з методу, завдання на лабораторну роботу, методичну допомогу, а в особливо важких випадках і окремі фрагменти програмної реалізації виучуваного методу.



Система пропонує користувачу 2 основних режими роботи : "Розробка" та "Експлуатація" (навчання та тестування). Режим розробки призначений для викладача і захищений від випадкового та несанкціонованого використання кнопкою пароллю, що перевіряє наявність у дисководі ключового носія - дискети, а у разі її відсутності запитує пароль з клавіатури. Запуск системи здійснюється з ДОС (з побіжним автоматичним запуском Windows) або безпосередньо з Windows. Windows система у користуванні попервах складна, тому запуск з Windows-програми з ДОС була включена як можливість, що полегшує її експлуатацію. Як показав досвід, для успішного початку курсу лабораторних робіт з чисельних методів у Windows студентам, зовсім з нею не знайомим, досить однієї-двох пар. Після запуску вста-

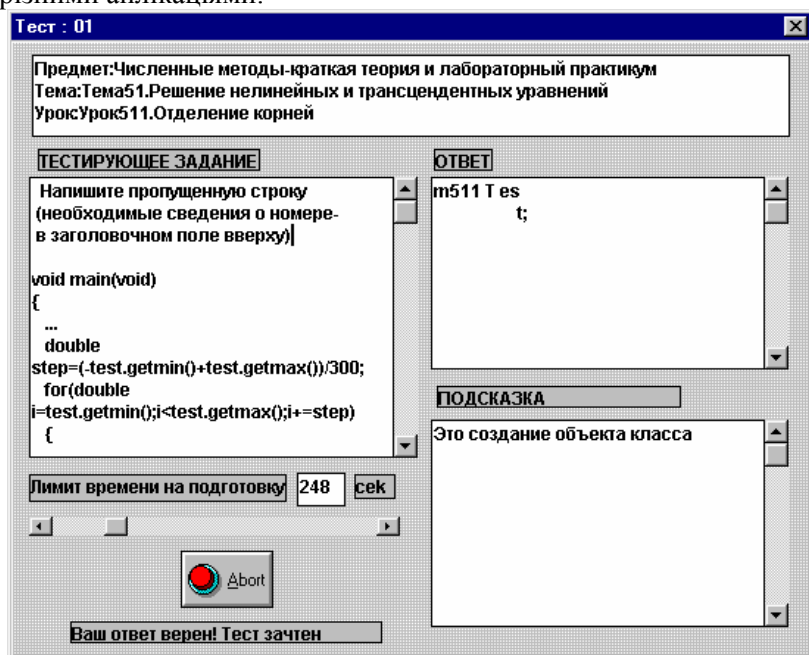
новлюється режим експлуатації. В системі відсутні багаторівневі меню вибору режимів та різних установок, такі звичні для складних систем - з метою спрощення всі органи керування зосереджені в головному діалоговому вікні у вигляді панелі керування з набором кнопок та текстових субвікон. Такого роду інженерний підхід - створення пульта або панелі керування - дозволяє постійно мати перед очима режим роботи, вибрану предметну область, групу та ім'я студента, що, як показав досвід користування, прискорює роботу, на відміну від менюорієнтованих систем.



Для вибору виду робіт в режимі експлуатації у верхній частині панелі розташовано набір кнопок, що дозволяють обрати один з чотирьох видів діяльності, а у середній її частині міститься велике вікно для відображення різних режимно-залежних списків (з можливістю вибору елемента списку) або журналу успішності для перегляду. Режим навчання реалізується після задання предметної області, вибір якої здійснюється за умовною трьохрівневою схемою ієрархії типу "Предмет-тема-урок". На будь-якому рівні "натискання" кнопки "ОК" викликає перехід у вікно демонстрації навчального матеріалу одного або

послідовно усіх уроків теми чи предмету.

В режимі навчання доступні усі стандартні функції перегляду (редагування навчального матеріалу в цьому режимі заборонено), виділення та переносу блоків тексту через Clipboard - буфер обміну Windows, який є одним із засобів обміну даними між різними аплікаціями.



На жаль, оцінка, незважаючи на досвід Амонашвілі, досі залишається мірою знань, тому була здійснена спроба сумістити як тестування "для себе", так й "для вчителя". Режим "Самотестування" слугує допоміжним засобом навчання та анонімної перевірки знань без занесення оцінки до журналу успішності. В цьому режимі після вибору предметної області здійснюється перехід в діалогову панель тестування; набір тексту відповіді здійснюється з клавіатури або копіюванням з буферу обміну (туди може бути занесена важка для запам'ятовування частина уроку або весь урок в режимі навчання, так що навчальний матеріал при тестуванні, як кажуть, "під рукою").

Система оцінювання тестового завдання м'яка та демократична - заощаджений час на підготовку до відповіді призводить

до підвищення оцінки з заданим коефіцієнтом, а прострочений - до незаліку теста; за підказку ж доводиться розраховуватися деяким зниженням оцінки, яка виставляється після проходження обумовленої кількості тестів для даного уроку (не менше трьох).

Аналіз тексту відповіді - найбільш важка і відповідальна частина системи. Якщо б вона була закритою і обмежувалась однією областю знань, то проблем би не виникло. У літературі згадується, наприклад, система SOPHIE (sophisticated instructional environment). Це імітаційна програма, призначена для навчання пошуку несправностей у електронних ланцюгах. В межах даної дуже вузької області ця програма дозволяє аналізувати відповідь, вказуючи не лише на помилку, а й на послідовність дій, що спричинили її. Сьогодні не існує ефективних методів оцінки смислового змісту відповіді за довільною тематикою, а тому доводиться покладатися на формальний аналіз тексту (збіг з еталоном). Існує ряд класифікацій тестів, але всі вони, від примітивних вибіркових до конструкцій з послідовності слів та фраз, набираються з клавіатури і первинним матеріалом для аналізу завжди є текст.

Очевидно, що випадкова помилка в одному символі при наборі не повинна призводити до незаліку тесту. Скажімо, возьмемо який-небудь першоквітневий тест на тему "Саме...":

Питання : Напишіть прізвище російської радянської актриси, що складається з більш як 30 букв.

Еталонна відповідь : Архневолоotchерепопіндрюковська

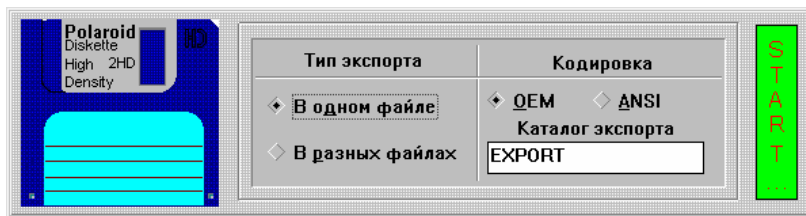
Найзаядліші балетомани навряд чи з першого разу зможуть написати його правильно (не кажучи вже про те, щоб вимовити). Крім того, в окремих випадках доводиться допускати можливість перестановки слів у фразі, тому в розглядуваній системі використовується багаторівневий аналіз. Якщо після видалення пропусків та переведень рядків немає повного співпадання з еталоном, для тестів із зведеним прапором складності виконується додатковий змістовний аналіз. Певна річ, у тестах з числовими відповідями, відповідями з визначенням номеру вірного (хибно-го) варіанту і таке інше зазначених проблем не виникає.

Режим рейтинг-тестування з занесенням оцінок до журналу реалізується після вибору групи та прізвища у списку, які за необхідності поповнює викладач. Різниця між цими режимами не-

суттєва, тому що студенту, який жодного разу не тестувався, за всі уроки у журналі стоїть оцінка "2", і його мета - не набирати гарні оцінки, щоб, протестувавшись на "відмінно" з одного уроку, одержати вищий бал з усього предмету (як це зроблено у деяких оболонках), а виправляти ці двійки. Такий підхід може здатися не дуже гуманним, однак альтернативи йому нема - тільки так можна забезпечити проходження учнем тестів якщо не за всіма, то хоча б з більшої частини уроків. Завдяки такому підходу перед ним не існує психологічного бар'єру, пов'язаного з можливістю отримання поганої оцінки - вона в нього вже стоїть.

Режим "Робота з імпортованими програмами" призначений для об'єднання "під одним дахом" усіх необхідних для вивчення курсу допоміжних інструментальних засобів. Це можуть бути навчальні програми з окремих розділів, анімаційні програми та навчаючі ігри, транслятори з мов програмування і взагалі будь-які програмні засоби.

Режим "Розробка" стає доступним після натиснення кнопки "Пароль" при наявності в дисководі ключової дискети або при її відсутності після набору пароля. Відмінність режиму розробки від режиму експлуатації полягає у доступності функцій коректування та редагування списків предметів, тем, уроків, тестов, груп та їх складу, імпортованих програм, текстів уроків і тестових завдань. Для формування уроків можуть використовуватися вже готові текстові файли в кодировці ANSI чи OEM (після перекодування утилітою fconvert або через стандартний Windows-редактор Write [WordPad] і буфер обміну). Ця можливість виявляється не тільки корисною, а й незамінною у тих випадках, коли курс лекцій вже набрано раніше. В оболонці також передбачена можливість експортування навчального матеріалу у файли в ANSI чи OEM кодуванні (тільки текст) чи у форматі Windows Metafile (текст + графіка). Отримання твердої копії з файла залишається на розсуд користувача.



Система є об'єктно-орієнтованою; доступ до об'єктів класів "Урок" та "Тест" на диску прямий завдяки невеликим за обсягом асоціативним словникам, які одразу завантажуються до оперативної пам'яті і безперервно коректуються у процесі роботи. Для прискорення дискових операцій запис кожного разу іде у кінець відповідного файлу, так що у процесі роботи на диску може виявитися декілька копій одного й того уроку чи тесту різної свіжості. Щоб запобігти такого марнотратства дискової пам'яті (а іноді це сотні кілобайт), наприкінці сеансу роботи з системою користувачу пропонується пересортувати дані з метою вилучення "мертвих" даних, на які немає посилань у словниках. Це опціональна операція, оскільки при великих об'ємах даних вона віднімає деякий час.

Зараз обговорювана оболонка наповнена уроками та тестами з чотирьох предметів : "Чисельні методи", "Елементарний (ввідний) курс інформатики", "Основи наукових досліджень", "Програмування в Turbo Vision". Апробація системи проводилась у чотирьох групах студентів 3-го курсу (поток МІ-93) й, окрім усунення ряду помилок і недоробок, показала такі результати.

Засвоєння органів керування досягається за 10-20 хвилин за умови хоча б мінімального досвіду спілкування з Windows; у разі його відсутності зайняття розпочинаються з підручника до операційного середовища Windows. При серйозному відношенні викладача до оцінок у системному журналі успішності останній грає ключову роль в активному використанні студентами навчальних матеріалів і відвідувань додаткових занять у комп'ютерному класі. Це особливо ефективно для студентів, що мають проблеми із засвоєнням курсу. Спостерігаються спроби багаторазового тестування, конспектування еталонних відповідей при незаліках тестів з метою майбутнього використання, активний пошук відповідей в текстах уроків; студент не-

самохїть втягується у процес "самонатаскування" з погано засвоєних розділів (у вільний від занять час). Інший ефект - підвищення продуктивності, наприклад, при навчанні програмуванню, виникає за рахунок копіювання фрагментів програм з наведених в уроках методичних матеріалів до інтегрованого середовища розробки, що дає можливість підвищити складність завдань з програмування шляхом "збирання" програм з рекомендованих фрагментів. Крім того, інструментально-виконавча система передбачає

1. Індивідуальний темп навчання, при якому студент може повернутися до будь-якої методичної рекомендації та прикладу, ще раз пройти погано засвоєний матеріал.

2. Диференційоване тестування, що дозволяє встановити рівень вимог студента щодо оцінки.

3. Незалежність від змісту відповіді при тестуванні та матеріалу при вивченні дає змогу наповнювати систему довільним матеріалом (як приклад можна навести курс "Основи наукових досліджень" та батарею тестів з педагогіки).

Література:

1. Амонашвили Ш.А. Воспитательная и образовательная функции оценки учения школьника. – М.: Педагогика, 1984.
2. Архитектура среды разработки приложений. – К.: Диалектика, 1992.
3. Брябрин В.М. Программное обеспечение персональных ЭВМ. М.:Наука, 1989, с.251-265 .
4. Гершунский Б.С. Компьютеризация в сфере образования : проблемы и перспективы. – М.: Педагогика, 1987.
5. "Компьютеры +программы", N 6/1995, с.68-71.
6. Машбиц Е.И. Психолого-педагогические проблемы компьютеризации обучения. – М.: Педагогика, 1988.
7. Полонский В.М. Оценка знаний школьников. – М.: Знание, 1981.

СОЗДАНИЕ РАБОЧЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ УРОКОВ ПО EXCEL

Л.А. Лисина, Е.В. Курочкина

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

С развитием современной информационной технологии системы «человек – компьютер» быстро превратились в проблему, которая касается всех членов общества, а не только специалистов. Поэтому взаимодействие человека с компьютером должно быть обеспечено школьным образованием.

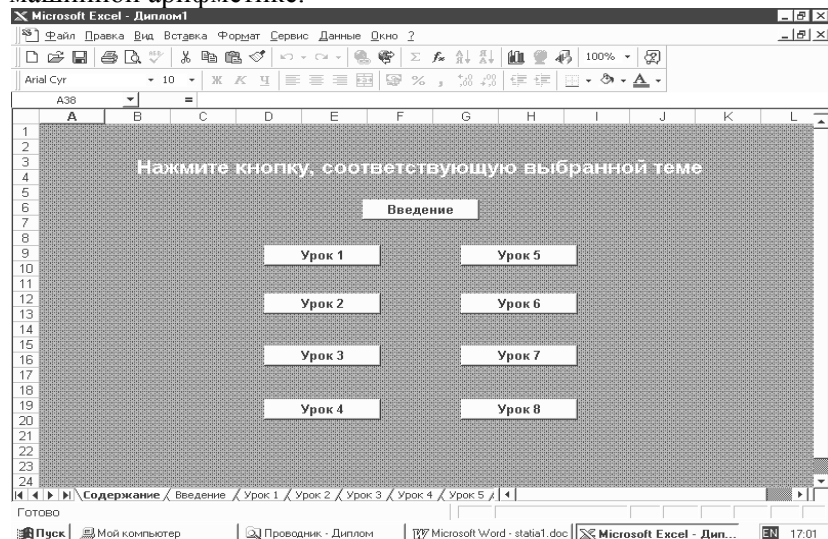
В настоящее время существует целый ряд школ, которые имеют техническую, гуманитарную или экономическую специализацию. Как правило, изучение информатики в этих школах начинают в 7 – 8 классах, а иногда и намного раньше. Изучение современных информационных технологий в данных школах занимает значительное место. Для выработки устойчивой привычки использовать компьютерные технологии недостаточно просто научить ими пользоваться. Необходимо, чтобы учащийся мыслил категориями, свойственными этим технологиям, свободно оперировал объектами в той или иной программной среде, мог продумать последовательность действий, направленных на достижение поставленной цели.

Целью обучения является развитие у школьников устойчивых навыков решения задач с применением таких подходов, которые наиболее типичны и распространены в областях, связанных с информационными технологиями.

Важное место в курсе информатики в школах с экономической специализацией занимает изучение обработки числовой информации при помощи электронных таблиц. Изучение электронных таблиц планируется учащимися 9 класса, после того, как ими изучены основы пользовательского интерфейса, а также текстовый и графический редакторы.

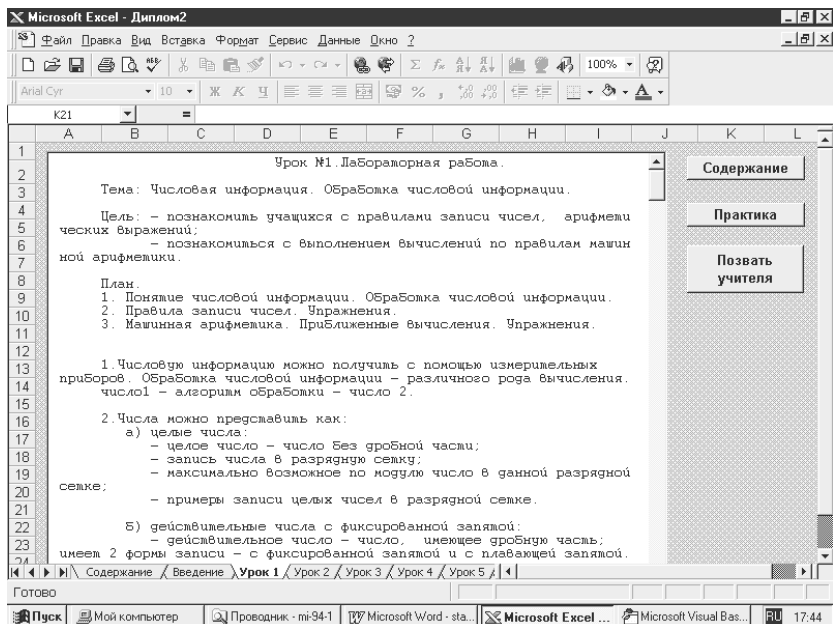
В существующих ныне школьных учебниках данная тема либо не рассматривается вообще, либо ей не уделяется должного внимания, отсутствует система упражнений и задач, учащиеся не получают сведений о числовой информации о том, как представляется эта информация в компьютере, отсутствуют сведения о

машинной арифметике.



Нами предлагается рабочая среда для проведения уроков по изучению электронных таблиц Microsoft Excel, а также задания и упражнения к этим урокам. Данная среда представляет собой некую оболочку, которая позволяет учащимся ознакомиться с теоретическим материалом по теме данного урока, а также выполнить индивидуальное практическое задание. Интерфейс оболочки разработан в среде Excel и представляет собой несколько рабочих листов, главный из которых имеет систему кнопок, позволяющих перейти к выполняемому уроку (теме).

Выбрав соответствующую кнопку, осуществляется переход к листу, который представляет собой два окна: первое – теоретический материал и индивидуальные задания к данному уроку, второе – рабочая среда Excel, в которой учащийся выполняет задание. Просмотр теоретического материала и выбор задания осуществляется с помощью скроллинга по экрану, а переход к практической части – с помощью нажатия кнопки «Практика». После выполнения практического задания или при необходимости получить консультацию учителя необходимо нажать кнопку «Позвать учителя», при нажатии которой раздается звуковой сигнал.



В дальнейшем предполагается доработка оболочки в сетевом варианте:

- а) просмотр с рабочего места учителя окна с практическим заданием учащегося;
- б) занесение оценки за практическое задание в электронный журнал учителя;
- в) появление номера рабочего места учащегося, обратившегося к кнопке «Позвать учителя» на рабочем месте учителя.

Упор при изучении темы делается не на интерфейс конкретной среды, а на объекты среды, отношение между ними и управление ими. Предложенные уроки изучения данной темы открывают широкое поле деятельности для учащихся в будущем: использование электронных таблиц при изучении раздела «Моделирование», для проведения практических работ по химии, физике, математике, биологии, рассмотрение задач планирования и оптимизации, построение различного вида графиков и диаграмм. Данная оболочка позволяет расширить изучаемую тему дополнительными уроками и заданиями к ним.

Литература:

1. Р. Альбрехт, Н. Николь. Excel 5.0. Электронные таблицы. – М.: ЭКОМ, 1995.
2. О.Е. Вершинин. За страницами учебника информатики. – М.: Просвещение, 1991.
3. О.Л. Гусева, Н.Н. Миронова. Excel для Windows. // Информатика и образование №2–6, 1996.
4. В.Р. Лещинер, Н.Г. Матвейкина. Деловые применения ЭВМ. Казань, 1991.
5. Г.И. Светозарова, А.А. Мельникова, А.В. Козловский. Задачи по программированию. – М.: Наука, 1988.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ, ИМИТИРУЮЩИХ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ЧЕЛОВЕКОМ

Ю.В. Филатов

г. Кривой Рог, Саксаганский естественно-научный лицей

«Движенья нет» – сказал мудрец брадатый.
Другой смолчал и стал пред ним ходить,
Сильнее бы не смог он возразить.
Хвалили все ответ замысловатый.

А.С. Пушкин

Некоторые алгоритмы, в основе которых зачастую лежит использование элементов высшей математики, обладая высоким быстродействием, и компактной кодировкой на алгоритмических языках, плохо усваиваются большинством учащихся. Можно предположить, что это связано с трудностью представления принципов их работы в виде действий человека в обычных ситуациях. Таким образом, возникает некоторое противоречие между тем способом решения задачи, к которому прибегает человек без использования компьютера и тем, которым мы заставляем решать эту задачу наш компьютер.

Рассмотрим возникновение такого противоречия на конкретном примере. Для этого сравним алгоритмы "пузырьковой" сортировки и быстрой сортировки Хоара (Hoare). Если мы будем сравнивать быстродействие этих алгоритмов, то заметим, что результаты прогонов на массивах разного размера, несортированных вовсе и почти упорядоченных, а также при различной настройке компилятора различны. Тем не менее, алгоритм Хоара работает в большинстве случаев значительно быстрее (исключение составит большой массив, в котором требуется поменять местами несколько пар стоящих рядом элементов). Посмотрим теперь, как обстоит дело с объяснением механизма работы этих алгоритмов.

Для объяснения работы "пузырьковой" сортировки будем ходить вдоль длинного ряда карточек с числами слева направо (можно просто записать числа на доске, но в этом случае придется отвлекаться на стирание и переписывание чисел). Напомним

детям, что все видели, как учитель физкультуры выстраивает новый класс по росту, проходя вдоль шеренги учеников, которые встали в произвольном порядке, и, меняя местами двух стоящих рядом юных спортсменов, если более высокий стоит ближе к левому флангу. (Здесь уместно обратить внимание учащихся на то, что человек и компьютер сравнивают за один раз только две величины, т.е. кажущаяся возможность сравнить сразу больше двух величин, на самом деле сводится к некоторому количеству попарных сравнений)

Итак, последуем примеру учителя физкультуры, при этом будем держать в руке флажок, поднимая его в начале каждого прохождения от начала к концу шеренги чисел. При этом в поле нашего зрения одновременно находятся только две лежащие рядом карточки, и если числа на них нарушают избранный порядок (возрастание или убывание чисел в ряду должно соответствовать поставленной задаче), то мы меняем карточки местами и опускаем флажок (объясняем, что если он не был поднят, то эта процедура прodelывается вхолостую, дабы избежать лишней проверки состояния флажка). В конце каждого такого похода проверяем поднят ли флажок. Если да, то, стало быть, карточки местами не менялись и следовательно сортировка окончена.

Понятно, что для столь наглядной демонстрации принципа работы быстрой сортировки Хоара потребуется минимум три человека, которые будут перемещаться вдоль ряда чисел и переключаться, выясняя чьё число больше, но кроме этого нужен хранитель стека (или массива заменяющего стек при не рекурсивной реализации алгоритма), и, желательно, менеджер, который будет регламентировать очерёдность действий этих исполнителей. (Можно предложить построение по росту методом Хоара для КВНа.) При этом наибольшую трудность вызывает имитация стека, т.к. объём "стека" нормального человека, как правило, невелик. Попробуйте проверить глубину стека, предлагая выворачивать наизнанку числа; пока дело касается примеров "17"—"71" ошибок почти не бывает, но попробуйте на "3.244.179" получить ответ "9.714.423".

Итак, сравнение процесса объяснения алгоритмов говорит в пользу алгоритмов имитирующих мышление человека. Обсуждение же достоинств самих алгоритмов выходит за пределы те-

мы данной статьи и, несомненно, заслуживает отдельного исследования. Если искусственный интеллект будет создан, то его создатель или создатели наверняка будут причислены к выдающимся гениям в истории цивилизации, независимо от того какие алгоритмы он будет использовать.

Однако, пока некому решать за нас задачи и создавать алгоритмы, поэтому будем использовать все имеющиеся средства и постараемся научить этому детей.

Прежде чем перейти к решениям конкретных задач, для которых мне удалось построить алгоритмы имитирующие решение задачи человеком, приведу схему коллективной работы над задачами. Применение этой схемы позволило развить в учениках способность совмещать поиск оригинального решения с модернизацией известных алгоритмов.

Постановка задачи, уточнение требований, разбор предельных и вырожденных случаев.

Конференция на тему «Как бы я решил эту задачу, не имея компьютера и не зная алгоритмических языков». Каждый докладчик описывает последовательность своих действий, а слушатели оппонируют, предлагая "неудобные" для данного алгоритма случаи.

Обсуждение проблем кодирования на Turbo Pascal, доклады о встреченных ранее недостатках некоторых конструкций.

Самостоятельная модернизация и кодирование алгоритма, принятого за базовый в процессе обсуждения докладов.

Сравнение работоспособности и эффективности полученных программ, доклады победителей тестирования.

Необходимая индивидуальная доработка программ.

Следует отметить, что подобный подход даёт наилучшие результаты во внеклассной деятельности, при работе с небольшими группами учащихся, но ведь задача массового воспитания программистов и не ставится.

Задача о направлении обхода

Постановка задачи:

Произвольный N-угольник задан координатами (x,y) своих вершин, пары координат перечислены в той последовательности, в которой соединяются вершины, последняя вершина соединяется с первой. Требуется определить соединялись вершины

обходом по часовой стрелке или против.

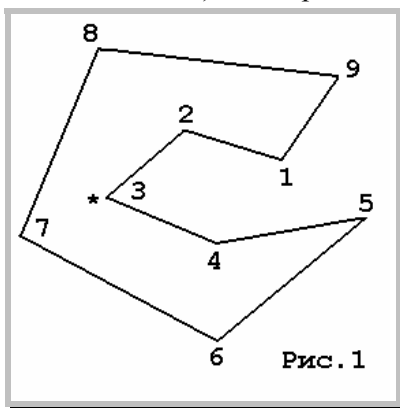
Необходимое уточнение:

Первая из перечисленных точек не обязательно лежит "с краю", кроме того, поскольку N-угольник произвольный, то точка $K+1$, а равно и $K-1$ расположены произвольно относительно точки с номером K .

Задача имеет красивое и компактное решение на языке векторной алгебры.

Разработка алгоритма решения:

Представим себе, что N-угольник представляет собой систему пронумерованных колышков, соединённых бечевой, а мы находимся примерно посредине этого лабиринта, возле колышка с номером K . Краёв системы не видно, зато мы хорошо видим, что севернее (юго-западнее и т.д.) находится колышек с номером K , а южнее (северо-восточнее и т.д.) с номером $K+1$ (см рис. 1).

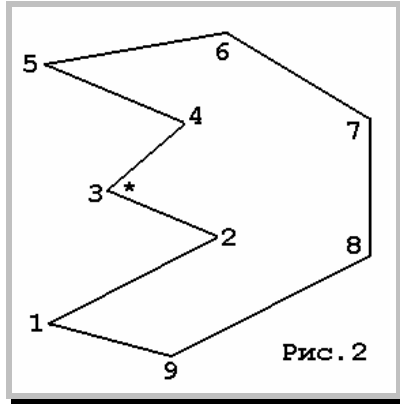


Понятно, что такая ситуация не прояснит направления обхода, даже если мы точно определим направление на соседние колышки. Сравнение рисунков 1 и 2 убеждает нас в этом.

Так, находясь у третьего колышка мы обнаружим, что направление на второй и четвёртый одинаково, но на первом рисунке обход осуществлялся по часовой стрелке, а на втором против.

Попробуем теперь идти от стороны 2-3 к стороне 3-4. Отыскивая отличия, заметим, что при движении внутри замкнутой фигуры угол увеличивается, если обход совершался по часовой стрелке (рис.1) и уменьшается в противном случае (рис.2). При

этом угол будем измерять от оси X до направления из вершины K на вершины K-1 и K+1 (как в тригонометрии, если считать вершину K началом координат).



Для того же чтобы не сомневаться, что мы внутри, выберем например верхнюю левую вершину, тогда оба угла будут наверняка больше 180^0 и меньше 360^0 (один из них может быть равен 360^0). Заметим, что можно выбирать правую нижнюю (в этом случае углы будут лежать в пределах от 0^0 до 180^0) и любую другую самую крайнюю вершину.

Таким образом, однозначно определив углы и выяснив какой больше, получаем ответ на поставленный вопрос.

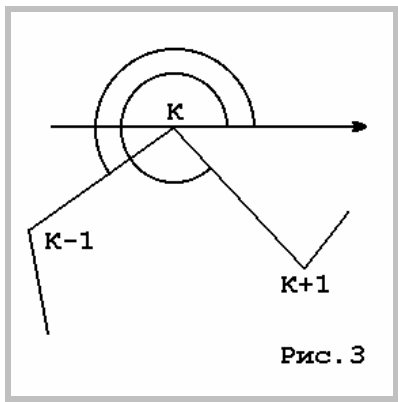
Попробуем теперь преобразовать наши рассуждения в алгоритм подходящий для реализации на каком-либо языке программирования:

1.Найдём верхнюю левую вершину, для этого достаточно найти вершину с максимальной ординатой, а если таких окажется несколько, то среди них — ту, у которой абсцисса минимальна. Запомним номер этой вершины (допустим K).

2.Определим углы на K-1 и K+1 вершины. Не забудем, что последняя вершина соединяется с первой и, следовательно, если $K=N$, то следующая за K вершина — первая, а если $K=1$, то предыдущая — N. Оба угла больше 180^0 , кроме того надо считать угол равным 270^0 , если ордината K-1 или K+1 вершины равна ординате K вершины, а если соответственно равны абсциссы, то угол равен 360^0 , а не 0^0 или 180^0 (как было замечено выше). Поскольку нас интересует относительная величина этих углов, то

перевод радиан в градусы, при написании программы, несущественен.

3. Сравним углы. Если вершины соединялись (т.е. перечислялись в условии) обходом по часовой стрелке то угол наклона стороны соединяющей вершины $K-1$ и K меньше, чем угол наклона стороны соединяющей вершины K и $K+1$ (см. рис.3).



4. Таким образом, вычислив и сравнив углы, мы получаем ответ на поставленный вопрос.

Такой подход к разработке алгоритма и реализованные здесь идеи позволяют не только решить поставленную задачу, но и дают учащимся возможность самостоятельно строить алгоритмы для целого класса задач связанных с геометрией на плоскости, например классическую задачу о точке внутри многоугольника.

Задача о точке, лежащей внутри N -угольника, достаточно известна, имеет несколько вариантов формулировки и, соответственно, несколько алгоритмов решения. Остановимся на решении задачи о нахождении точки лежащей внутри произвольного N -угольника (частные алгоритмы работающие только на выпуклых многоугольниках заслуживают отдельного разговора).

Задача о нахождении точки, лежащей внутри произвольного N -угольника.

Постановка задачи:

Произвольный N -угольник задан координатами (x, y) своих вершин, пары координат перечислены в той последовательности, в которой соединяются вершины, последняя вершина соединяется с первой. Требуется найти координаты точки, которая лежит

внутри этого N-угольника.

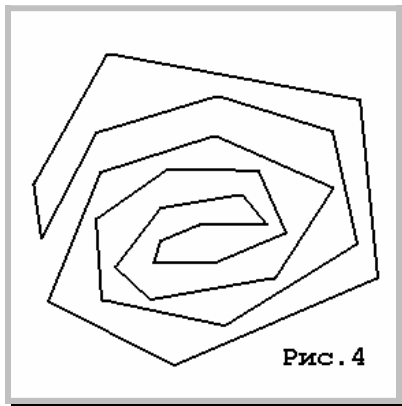
Необходимое уточнение:

Необходимо указать минимальное расстояние d от искомой точки до ближайших сторон N-угольника, так как точность компьютерных вычислений ограничена разрядной сеткой или количеством шагов специального алгоритма, то точка математически лежащая на стороне N-угольника, программно может быть определена, как лежащая внутри (или вне) этого N-угольника. (Попробуйте, например, сравнить значение выражений $\sin(45^\circ)$ и $0.5 \cdot \sqrt{2}$ на своём компьютере. Скажем, в среде Turbo Pascal 7.0 условие $\text{SIN}(\text{PI}/4)=0.5 \cdot \text{SQRT}(2)$ выполняется, если правильно настроить компилятор, при {N+}-True, {N-}-False.)

Принимая во внимание, что при бесконечном уменьшении просвета между сторонами, попасть внутрь невозможно, разумно потребовать, чтобы расстояние между несмежными сторонами превышало $2 \cdot d$.

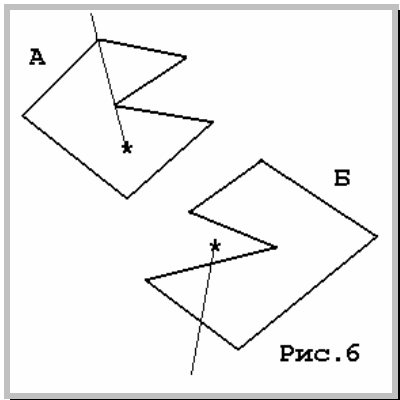
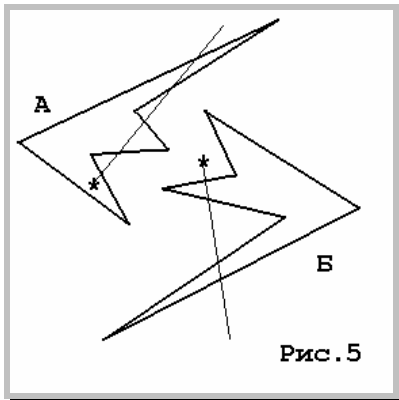
Разработка алгоритма решения:

Итак, уяснив требования к решению, приступим к разработке алгоритма. Допустим, что нам дан многоугольник (см. рис.4).



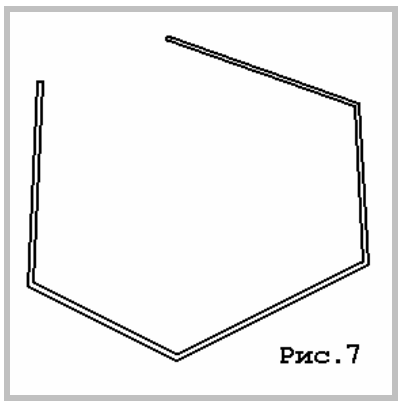
Мы хотим найти точку, которая заведомо лежит внутри него. Отметим, что существует алгоритм для определения, лежит ли данная точка внутри данного многоугольника, путём подсчёта количества пересечений луча, проведённого из этой точки со сторонами многоугольника. Этот алгоритм нетрудно использовать для решения данной задачи если ставить точку наугад до тех пор пока не попадём внутрь. Однако здесь возникают опре-

делённые трудности. Во первых, как учитывать пересечения с вершинами (на рис.5 точка лежит внутри фигуры А — нечётное количество пересечений и вне фигуры Б — чётное, а на рис.6 количество пересечений чётное для обеих фигур; потребуется дополнительно определять лежат ли рёбра, выходящие из вершины, по одну сторону от луча или нет).



Во-вторых, как долго нам придётся "стрелять", пока мы попадём внутрь фигуры подобной той, что приведена на рис. 7.

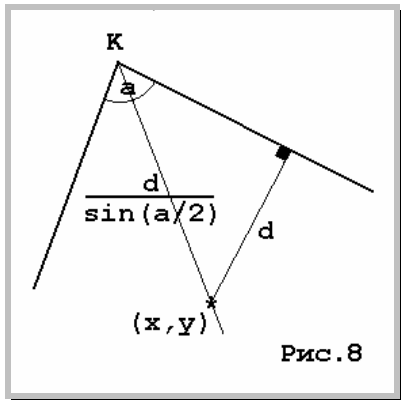
Попробуем придумать свой алгоритм, используя метод из предыдущей задачи.



Итак, имеется достаточно запутанный случай (см рис.4). Трудно предположить, что человек поставит точку наугад в центре сооружения, а затем начнёт определять попал ли он внутрь, особенно если учесть, что при этом возможно мы не видим всего

многоугольника. Скорее всего, человек постарается поставить точку где-нибудь поближе к краю (см. аналогичные соображения в предыдущей задаче). Дальнейшие действия очевидны:

1. По аналогии с предыдущей задачей найдем углы наклона сторон соединяющих верхнюю левую вершину с предыдущей (угол **A**) и последующей (**B**).



2. Таким образом угол наклона отрезка соединяющего искомую точку с **K** вершиной лежит между углами найденными в п.1, для простоты можно считать его средним арифметическим этих углов ($C=(A+B)/2$).

3. Остаётся с помощью несложных тригонометрических расчётов найти расстояние от вершины, которое обеспечит удалённость искомой точки от сторон прилежащих к **K** вершине и определить (x,y) координаты этой точки (см рис.8). При этом a =больший угол - меньший, и расстояние от **K** до искомой точки $r=d/(\sin(a/2))$. Тогда координаты: $x=x_K+r*\cos(C)$ и $y=y_K+r*\sin(C)$.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИДАКТИЧЕСКИХ ОСНОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ УСТОЙЧИВОГО ИНТЕРЕСА УЧЕНИКОВ К ОБУЧЕНИЮ

Л.Н. Шокотько

г. Кривой Рог, СШ №114 информационного профиля

Повысить качество школьного образования сегодня очень сложно без проектирования и внедрения новых информационных технологий, обеспечивающих качественно новый процесс обучения (не метод, а именно процесс, направленный на развитие у детей самостоятельного, гибкого, творческого мышления и соответствующего поведения в жизни). Классическая формула образования: “познание окружающего мира посредством освоения готовой информации из учебников, книг и других письменных или устных источников” изменяется на новую формулу: “познание окружающего мира посредством его компьютерного проектирования, моделирования, конструирования и исследования”.

Последователи выдающегося психолога Жана Пиаже, который изучал способы познания и развитие мышления у детей; возникновение, рост и трансформации интеллектуальных структур человека от рождения до юношеского возраста, противопоставляют естественное, самостоятельное учение и искусственное, специально организованное обучение. Второе часто бывает неприемлемо ребенком, да и желаемый результат не всегда достигается. Первое же весьма эффективно, приносит радость, уверенность в своих силах, стимулирует любознательность. И, поистине, неограниченные возможности для организации такого обучения предоставляются с использованием новых информационных технологий, дидактический потенциал которых не только не изучен до конца, но и далек от осмысления ещё многими педагогами. Внедрение НИТ в учебный процесс опровергает устоявшуюся столетиями точку зрения о непоколебимости триады “учитель–ученик–учебник”. Необходимо важным компонентом в этом перечне является управление обучением с помощью компьютера, что приведет к повышению эффективности урока.

О компьютере как о средстве “передачи интеллекта” говорят

с момента появления самого компьютера. Множество обучающих и контролирующих программ, компьютерных энциклопедий по различным предметам облегчают труд учителя, позволяют сделать учебный процесс более разнообразным и интересным. Но, к сожалению как преподавателей так и учеников, большое количество программного обеспечения разрабатывается программистами не знакомыми с текущими изысканиями в области педагогики и особенностями рынка программных продуктов данного профиля. Как следствие этого они могут затрачивать многие часы, разрабатывая программы, являющиеся малоэффективными при обучении и отводящими учителю роль пассивного наблюдателя. Такая позиция устраивает некоторых учителей, использующих контрольно-обучающие программы как средство облегчающее им жизнь: “умная” машина сама обучит, опросит и поставит оценку. Но для творчески работающего учителя неприемлемы навязанный авторами программы стереотип в изложении материала, невозможность выразить свои идеи и виденье данной проблемы. И, для реализации своих замыслов, он ищет средства, позволяющие повысить эффективность урока и заинтересованность учеников, так как ребёнку должно быть интересно учиться, чтобы учиться хорошо. Наличие вычислительной техники оживляет учебный процесс, но если ещё подготовить задания, выполняющие которые ученик по доброму улыбнется, если продумать интерфейс, в котором ребёнку будет комфортно, то ребёнок безусловно полюбит ваш предмет и будет учиться так хорошо, как может.

Я считаю, что применять “фирменные” обучающе-контролирующие программы целесообразно, в основном, для коррекции знаний и самостоятельного обучения. Но общеизвестно, что использование визуальных представлений способствует качественному повышению эффективности обучения. При этом роль играют как апелляция к образному восприятию и мышлению, так и повышение интереса обучаемых за счет активного использования игровой компоненты, богатых зрелищных возможностей (в том числе мультипликации) при использовании визуальных представлений. Использование такого подхода плодотворно при разработке программных средств (особенно – “непрограммирующим педагогом”).

В поисках эффективных и легко доступных средств, которые можно было бы использовать как инструмент для подготовки компьютерных дидактических материалов так и среду для их исполнения, я остановилась на хорошо знакомых и любимых детьми графических редакторах. Применение редакторов позволяет в максимальной степени учитывать образность и конкретность мышления детей школьного возраста, уменьшить технические трудности при выполнении заданий, побуждать учеников к творчеству. При изучении графики у большинства учащихся появляется стойкий интерес к работе на компьютере. Это не случайно: каждый человек в детстве любит рисовать. Многочисленные исследования психологов показали, что такие занятия необходимы для полноценного развития личности.

Так, например, в лаборатории информационных технологий нашей школы с помощью графических редакторов SPEN, AUTODESK ANIMATOR и KIDPIX подготовлен комплекс дидактических материалов, используемых как элемент развивающего обучения параллельно с изучением языка программирования LOGO в 1-5-х классах. Основная цель, которая при этом преследуется – это достичь максимального усвоения и запоминания полученной в процессе обучения информации и способствовать развитию логического мышления учащихся, быстрому овладению навыками работы с компьютером и развивать зрительную память, внимание, художественное воображение, математическое и логическое мышление, умение формировать сложные объекты из простых, устанавливать соответствие предметов, развивать память, эстетический вкус, умение быстро ориентироваться в непростой, нестандартной обстановке. Еще один важный момент – это индивидуальная работа, позволяющая каждому ученику, независимо от его предварительной подготовки добиться успеха в изучении той или иной темы. А это формирует положительное отношение к изучаемому материалу, интерес к учебе и, главное, учит думать. Например, при изучении темы “Множества” в третьем классе мы используем анимационные ролики для введения фундаментальных понятий множества и комплекс заданий, представляющих собой графические файлы, которые помогают младшим школьникам учиться находить и фиксировать закономерности в последовательностях предьяв-

ляемых объектов, определять характерные признаки множества, проводить классификацию на подмножества по задаваемому или отыскиваемому признаку. В процессе изучения этой темы ученик вырабатывает навыки исследовательской деятельности: сначала ему предстоит пронаблюдать процесс, затем выработать гипотезу о характерном признаке множества, потом проверить эту гипотезу. Все дидактические материалы представлены в виде простых, но увлекательных компьютерных заданий.

Компьютерные дидактические материалы – это, фактически, бесплатные рабочие тетради с печатной основой. Но их преимущество в том, что они, во-первых, многоразового использования (а это немаловажно с точки зрения финансовых проблем) и, во-вторых, позволяют варьировать задания, используя дифференцированный подход при их подготовке.

Появление систем мультимедиа можно считать технологической революцией. Возможности, о которых еще вчера можно было только мечтать, сегодня уже стали реальностью. Мультимедиа можно считать технологией, меняющей саму технологию. Она изменяет наш способ взаимодействия с компьютером, процесс обучения, преподавания, развлечения. Создание мультимедийного программного обеспечения, соответствующего системе выдвигаемых на сегодняшний день педагогических требований, стало возможно с появлением сред программирования, которые дают возможность буквально “рисовать” программы, обладают удобным интерфейсом, исключая значительную часть рутинной работы, позволяют воспроизводить звуковые и видеофайлы. Главным достоинством данных программ является возможность быстрой модификации растровых изображений, звуковых и видеофайлов, не прибегая к перекомпиляции исходных текстов программ, что позволяет использовать данные программы в качестве универсальной оболочки для создания мультимедийных дидактических материалов различной тематики.

Но самое главное то, что все компьютерные дидактические средства, разрабатываемые в нашей школе – это результат творческого союза преподавателей и учеников. Причем привлекается довольно широкий круг ребят, так как доля графической информации все возрастает. Выполняя свою работу, дети учатся видеть прекрасное в математике, физике, химии, глубоко чувствовать

прекрасное в этом мире. Поразительные результаты дают синтез полёта детской фантазии и технических возможностей. У детей появляется вера в свои силы, открываются все новые грани таланта (не зря говорят, что неталантливых людей нет). А, как известно, творческий и образовательный потенциал уверенного в себе человека гораздо выше. Только знания, получаемые добровольно, способствуют творческому развитию личности. Использование дидактических возможностей информационных технологий позволяет “резонировать” все способности, заложенные в человеке. Гармонизация обучения с природой человека позволяет связать воедино и обучение, и воспитание, и мировоззрение. И особых успехов добиваются учителя, работающие под девизом: “Ребенок - не сосуд, который надо заполнить, а факел, который необходимо зажечь”.

ВІДБІР ТА ОЦІНКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ СУЧАСНОГО ПРОЦЕСУ НАВЧАННЯ

Ю.П. Рева

м. Кривий Ріг, Криворізький економічний інститут

Починаючи з середини 70-х років, комп'ютерна технологія отримала надзвичайно широке розповсюдження в освіті. Для багатьох це було несподіванкою. Навчальні заклади не встигли підготуватись до впровадження комп'ютерів, не осмисливши достатньо їх призначення та можливості. Тому і наслідки комп'ютеризації стали вивчатись вже після того, як комп'ютери потрапили в навчальні заклади. До цього часу планування процесу комп'ютеризації здійснюється далеко не у всіх навчальних закладах. Основна проблема комп'ютерного навчання полягає в тому, що не знаючи, в якому напрямку рухаєшся, можна зайти не туди, куди треба.

В зв'язку с цим, на наш погляд, особливого значення набуває планування. Але хто ж повинен його здійснювати? Очевидно той, хто визначає задачі і стратегію навчання, тобто адміністратори, члени рад, викладачі. З другого боку, в центрі уваги знаходиться комп'ютерна технологія, і тому плануванням повинні займатись люди, які добре знають комп'ютерні засоби та їх можливості. Досвід багатьох навчальних закладів свідчить про те, що саме такому підходу і надають перевагу. Тому найчастіше план комп'ютеризації навчального закладу розробляється груповим методом з послідуочим його узгодженням з адміністрацією. Ми вважаємо, що процес планування і реалізації такого плану може включати слідуочі п'ять елементів:

1. Визначення основної мети і задач.
2. Інтеграція комп'ютерних методів в навчальних планах.
3. Підготовка викладачів.
4. Придбання технічних та програмних засобів.
5. Організація комп'ютерного навчання.

Успішна реалізація комп'ютерного навчання багато в чому визначається якістю та підбором програмного забезпечення, тому його відбір має величезне значення. До відбору комп'ютерних програм необхідно підходити настільки серйозно і зважено, як і

до відбору підручників. Але в дійсності все складається зовсім інакше. Відбір програмних засобів проводиться на основі їх оцінки, яка суттєво відрізняється від оцінки інших засобів навчання. Викладачі, які оцінюють підручники, мають значний досвід роботи з ними, чого, на жаль, не можна сказати про викладачів, які оцінюють комп'ютерні програми. Більшість спеціалістів з комп'ютерних технологій в навчанні вважають, що оцінкою повинні займатись ті викладачі, які будуть безпосередньо використовувати дані програми або курси. Для того, щоб були враховані і технічні аспекти, необхідна участь в оцінці експерта з обчислювальної техніки. Ним може бути і координатор, і аналітик. Ця людина повинна ознайомити членів робочої групи з задачами та особливостями оцінки. В сучасній практиці існують три підходи до відбору і оцінки курсів:

1. Порада та допомога досвідчених викладачів.
2. Анотовані обзори.
3. Оцінка на практиці.

При цьому слід пам'ятати, що оцінка комп'ютерних курсів кардинально відрізняється від оцінки інших засобів навчання не тільки тому, що викладачі не мають достатнього досвіду, але і тому, що ці засоби суттєво відрізняються від усіх інших своєю інтерактивністю та адаптивністю. Ми вважаємо, що найбільшою перевагою комп'ютерного навчання є його адаптивність. Для того, щоб бути ефективним засобом навчання, комп'ютер не повинен імітувати хорошого викладача або дублювати подачу інформації в підручнику. Він повинен і може забезпечити навчання, яке є адаптованим до потреб конкретного учня, який, можливо не задоволений учбовою інформацією підручника або викладача, який веде заняття. Вчені відмічають, що адаптивність може мати достатньо широкий діапазон. В гіршому випадку учні отримують одне і теж навчання з мінімальними варіаціями в завданнях. В кращому учень отримає тільки те, що йому потрібно, але не більше. Чим вища адаптивність програми, тим в більшій мірі вона реалізує унікальні можливості комп'ютерів по індивідуалізації навчання. Як правило, відбір та оцінка програмного забезпечення може здійснюватись за такими критеріями:

- I. Технічні показники – це ті дані про пакет програм, які ідентифікують його та вказують на сумісність з апаратним

забезпеченням.

- II. Оцінка програм з точки зору теорії навчання визначає можливість їх інтеграції в учбовому процесі.
- III. Рівень мотивації. Як відомо, мотивація необхідна складова навчання, яка повинна підтримуватись протягом всього заняття. Більшість розробників комп'ютерних програм намагаються посилити мотивацію шляхом використання кольорових, анімаційних і графічних можливостей. Але простий додаток кольору, графіки, звукового супроводу далеко не завжди служить задачам процесу навчання. Необхідно розділяти дійсно ефективні мотиваційні засоби і ті, які розраховані на зовнішній ефект, мають обмежену педагогічну цінність і тільки відволікають увагу учнів.
- IV. Постановка навчальної мети. Учні з самого початку повинні знати, що від них вимагається і яким повинен бути результат заняття. Визначення учбових задач повинно проводитись до розробки самого заняття, так як саме учбові задачі визначають його побудову. Презентація задач може проводитись як в рамках програми, так і до її початку самим викладачем. Задачі навчання повинні бути чітко і ясно сформульовані. Мета і задачі – це необхідна основа оцінки будь-якої програми.
- V. Створення передумов до сприйняття учбового матеріалу. Нові знання, як відомо, повинні базуватись на тих, що вже є, тобто необхідний зв'язок між вже вивченим та новим матеріалом. Він і забезпечується повторенням пройденого. Ця робота може проводитись як до виконання комп'ютерної програми, так і в її рамках. Можуть бути використані допоміжні матеріали, які входять до комплекту готового пакету або підготовлені самим викладачем. Якщо ж з метою повторення використовується комп'ютер, то можливо проведення на ньому попереднього тестування, у відповідності з яким учням видаються індивідуальні завдання по повторенню того чи іншого розділу або визначення стартової точки вивчення нового заняття.
- VI. Презентація учбового матеріалу. Стратегія його викладення визначається в залежності від учбових задач і типів програм. В спеціальних програмах учбовий матеріал є для учнів новим, в тренувальних уже знайомим. В програмі моделюван-

ня необхідно визначення сценарію, в межах якого учень отримуватиме навчальну інформацію в експериментальних умовах. В умовах ідеального, поки що не існуючого, комп'ютерного навчання тип презентації повинен визначатись особливостями сприйняття та здібностями учнів.

- VII. Перевірка засвоєння. Проводиться, як правило, за допомогою питань і завдань і є сутністю інтерактивності комп'ютерної програми. Чим частіше комп'ютер задає питання на засвоєння, тим вища інтерактивність. При невисокому рівні інтерактивності комп'ютер втрачає свою основну перевагу над традиційним навчанням.
- VIII. Відповіді учнів. Недосконалість процедур введення є причиною того, що на відповіді учнів витрачається занадто багато часу. Часто програми зриваються через помилки учнів, наприклад, у використанні тієї чи іншої клавіші або непередбачених відповідей. Процедури введення повинні бути розроблені таким чином, щоб програма не давала збої при будь-яких відповідях учнів. В якісних програмах учні мають можливість зробити декілька спроб відповісти на питання чи виконати завдання. Але кількість спроб все ж не повинна бути довільною, оскільки учень застряє в програмі, а його мотивація падає. Кількість спроб враховується при оцінці виконання завдання.
- IX. Зворотній зв'язок з учнями. Цей критерій має ключове значення в оцінці програм. Основним недоліком домашніх завдань є те, що учні знають про свої помилки в кращому разі на наступний день. А комп'ютер має можливість забезпечити миттєвий зворотній зв'язок. При цьому перевага ЕОМ полягає у тому, що вона може надати індивідуальну допомогу тим, хто відчуває затруднення.
- X. Оцінка. По ходу заняття учні повинні знати, яким чином вони справляються з вивченням навчального матеріалу. Якщо програма має таймер, то його зображення на екрані може виконувати цю функцію. Таблиця з кількістю правильних відповідей теж може бути використана з цією ж метою. Але все таки краще не вказувати кількість неправильних відповідей до остаточного підведення підсумків.
- XI. Закріплення навчального матеріалу та використання одержаних

вмінь і навиків. Задача навчання запам'ятовування учбового матеріалу, зберігання його в довгостроковій пам'яті та вміння застосувати одержані знання на практиці. Ні те, ні інше не може автоматично стати результатом комп'ютерного навчання, але можливість його досягнення повинна бути обов'язково передбачена в програмі, зокрема, представлення користувачу за його запитом додаткового учбового матеріалу після того, як він засвоїв основні поняття. До цього можна додати і основні, на наш погляд, фактори, які полегшують використання комп'ютерних програм як для викладача, так і для учня. Ці всі фактори зводяться до наступних:

1. Наявність допоміжних матеріалів, їх адекватність і корисність.
2. Можливість автоматичної адаптації програми у відповідності з різними рівнями навчання за параметрами, визначеними викладачем.
3. Наявність засобів реєстрації успішності або управління навчанням, зручних в користуванні.
4. Можливість редагування викладачем команд у випадку необхідності.
5. Наявність зручних процедур оновлення, доповнення і вилучення інформації в файлах даних про учнів.
6. Можливість друкування результатів успішності.
7. Можливість використання пакета з незначною допомогою з боку викладача або без неї, автоматичний запуск програм після того, як вставлено диск.
8. Подача всіх необхідних команд і вказівок на екран.
9. Можливість виходу з програми до її закінчення.
10. Можливість забезпечення групової роботи, наявність засобів управління ходом навчання з боку самого учня.
11. Можливість управління процесом навчання з точки зору визначення кількості завдань, рівня складності, швидкості подачі учбового матеріалу і т.д.

Отже, при наявності якісних учбових комп'ютерних програм ЕОМ може стати інтегральною частиною процесу навчання. Але для досягнення цієї мети необхідні ефективні комп'ютерні програми. Процес оцінки і відбору якості програм обов'язковий, так як вони і визначають роль комп'ютерної технології в освіті.

ВИКОРИСТАННЯ КОНЦЕПТУАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ НАВЧАННЯ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Ю.П. Рева

м. Кривий Ріг, Криворізький економічний інститут

Широке впровадження обчислювальної техніки у всі сфери діяльності висуває цілий ряд додаткових вимог і до оволодіння новими інформаційними технологіями інтелектуальної праці. Розглядаючи учбову діяльність як специфічну форму пізнавальної активності людини, загальну задачу концептуального навчання можна розуміти як організацію ефективного процесу пізнання необхідної системи понять та дій.

Проблема навчальної діяльності пов'язана не стільки з проблемою знання, стільки з проблемою розуміння, так як одні і ті ж знання, як відомо, різними людьми можуть сприйматись з різним ступенем розуміння.

Будь-які знання містять не лише явні компоненти, але й приховані, які можна відкрити, виконуючи певні логічні операції над "явними знаннями". В результаті таких дій над знаннями людина може скласти собі уяву про структурні елементи, з яких складається вихідне знання, і зв'язках між ними. Таким чином, роль розуміння в процесі пізнання пов'язана з переходом до знань більш загальної структури, і розуміння не може бути зведене до знання, так як воно проявляється в результаті певних дій над знанням.

Часто пізнавальну роль розуміння пов'язують з поясненням, але при цьому розуміння передує поясненню. А відмінність розуміння від пояснення полягає в цілісному опануванні сутності явища, тоді як пояснення завжди будується на основі окремого принципу чи закону.

В такому контексті можна відмітити двояку роль знання: поперше, як фіксацію деякого досвіду, що відображає деякий фрагмент реальності, а по-друге, як результат певної мети та задачі.

Традиційно комп'ютерна технологія має справу з першими трьома ступенями розуміння, а саме:

– формування готовності до попереднього розуміння як по-

зитивної установки на готовність приймати нові знання; стадією непевного розуміння як розумінням ще не вираженим в словах;

– з розумінням ще не освоєним і вираженим в словах підручника чи лекції (це етап оволодіння репродуктивною діяльністю, тобто розуміння, яке строго фіксує зразок).

Такі навчальні автоматизовані системи реалізують програмований спосіб навчання. Характерним прийомом цього способу є розподіл навчальної інформації на окремі частини з обов'язковим контролем засвоєння кожної. Однак, не слід вважати, що можна взагалі відмовитись від репродуктивних методів комп'ютерного навчання; хоча сама репродуктивна діяльність, на наш погляд, непотрібна для діяльності навченого спеціаліста, вона необхідна для процесу навчання. Цю форму навчання можна назвати навчанням типу “передача знань”. Вона працює з різними стадіями репродуктивного розуміння, тобто з розумінням, коли людині насправді ще знань не додалось. Знання цих стадій розуміння ”вивітрюються” з пам'яті людини протягом найближчих днів, а залишається в пам'яті, за нашими даними, десь біля 20% інформації.

Основною задачею концептуальної технології навчання є освоєння продуктивної діяльності, тобто досягнення учнями вищого етапу розуміння, коли він в змозі здійснювати трансформацію своїх знань. Можна сказати, що саме на цьому етапі пізнання людина навчається учитись, вчитися процесу пізнання. Знання, набуті на цій стадії, існують в пам'яті людини нескінченно довго.

При навчанні методами та засобам розв'язання практичних задач найчастіше використовують «найбільш надійні» способи: інструктивний (запам'ятовування даних); параметричний (покращення характеристик набутих навиків) та алгоритмічний (навчання алгоритмам розв'язання деяких класів професійних задач).

А концептуальний метод – метод навчання побудови нових концепцій (концептуальних моделей і понятійних систем) майже не використовується, і це пов'язано насамперед з його великою інтелектуальною трудомісткістю. В той же час відомо, що встигаючи учні знають свої недоліки в знаннях і намагаються усунути їх самостійно або з допомогою викладача. Їм доцільно допомогти на концептуальному, метапізнавальному рівні (на рівні знань

про знання та способи їх одержання). Такий спосіб навчання достатньо ефективний для вдосконалення самоконтролю і саморегуляції процесу навчання. Учні самостійно аналізують задачі навчання і складають питання для перевірки свого розуміння матеріалу. Отримана таким чином структура знань залишається відкритою для поповнення і систематизації. Ці проблеми навчання націлені не на здобуття якихось конкретних знань, а на розвиток природних здібностей до самостійного пізнання.

Для подання мети концептуального навчання необхідно зафіксувати знання, які дозволять відрізнити навченого учня від ненавченого. Ці можливі знання фіксуються в просторі стану учня, а набір ознак, що характеризують навчену людину, визначає деякий критеріальний простір, в якому можна судити про ступінь близькості стану учня до мети навчання. В контексті вищесказаного навчання необхідно розглядати як збільшення з часом ступеню знання та розуміння.

Для конкретизації загальної задачі слід проаналізувати кінцевий результат процесу навчання, до якого ми прагнемо і спробувати відповісти на питання: чим відрізняється навчена людина від ненавченої?

Розв'язання цієї задачі базується на моделі результату навчання, яка необхідна не стільки для кінцевої оцінки підсумку процесу навчання, скільки, в першу чергу, для керівництва його ходом.

Навчання в автоматизованих системах проводиться у формі діалогу, в процесі якого учень та автоматизована інформаційна система по черзі стають ініціаторами обміну повідомленнями. Мета учня – отримання максимального об'єму знань за мінімальний проміжок часу. Мета системи – максимальне задоволення пізнавальних потреб учнів та управління їх діями.

Формулювання задачі управління починається з уточнення мети навчання та існуючих умов. Умови управління навчальними діями уточнюються шляхом діагностики стану знань учня. Потім розпізнають клас отриманої ситуації. Цілеспрямована система управління повинна реалізувати поставлену мету при будь-яких умовах, які відносяться до деяких допустимих класів. При недостатній кількості вихідних даних для достовірної класифікації стану учня збір даних продовжується до того часу, по-

ки його стан не буде віднесено до одного з допустимих чи недопустимих класів. Для кожного допустимого класу станів в системі повинна існувати ефективна послідовність управляючих дій. Таку систему можна вважати адаптивною до класу параметрів при заданій множині цілей.

Множина поточних цілей партнерів навчального діалогу визначається кількістю задач та проблемних ситуацій, які виникають перед ними.

В процесі цілеутворення виділяються три етапи:

- 1) формування множини можливих цілей;
- 2) вибір найкращої (з точки зору існуючих критеріїв) множини цілей;
- 3) визначення відношення до поточної цілі (її прийняття або неприйняття).

Досягнення успіху в учбовій діяльності забезпечується трьома головними психічними процесами людини – інтелектуальним, емоційним і вольовим. Саме тому будь-яка концептуальна задача повинна нести в собі таку інтелектуальну інформацію, яка розкривається через когнітивні (теоретико-пізнавальні), аксеологічні (ціннісні) і праксеологічні (практичні) сторони інтелекту. Отже, все отримане в процесі пізнання можна розглядати як те, що дає знання, норму (або цінність), праксеологічну установку.

Таким чином, знання ніколи не виступає в жорсткому вигляді, а несе на собі відбиток особистості того, хто учиться, а його особистим смислом і визначається ефективність процесу пізнання. На вибір поточних цілей суттєво впливають і результати розв'язання попередніх проблем чи задач: негативні результати можуть суттєво знизити рівень мотивації. Динаміка вибору цілей залежить від співвідношення рівнів домагань і успіхів, а також від ряду інших індивідуальних особливостей.

Структура ж конкретного діалогу визначається послідовністю цілей, які відповідають поточним намірам партнерів. В цілому діалог проходить слідуючі стадії: установку контакту; розпізнавання (узгодженість) коду спілкування; уточнення мети діалогу; узгодженість плану спілкування; обмін основною інформацією; оцінка результатів спілкування; завершення контакту.

Основними засобами дидактичного програмування при цьому є: інформаційно-довідкові засоби; навчально-тренувальні; контролюючі; експертно-навчальні; науково-дослідні і технологічні.

В системах концептуального навчання будь-який клас задач учні навчаються розв'язувати колективно – разом з комп'ютером і викладачем.

Під системою концептуального навчання розуміють комп'ютерні засоби навчання, які ефективно можуть замінити колектив експертів-викладачів, методистів і спеціалістів при навчанні системам понять і дій в конкретних предметних областях. А стратегії концептуального навчання направлені на активізацію комплексів розумових операцій, які допомагають учневі розуміть, накопичувати, зберігати і відтворювати знання або зорові образи. На відміну від традиційних методів такі стратегії не мають на увазі вивчення якогось конкретного учбового матеріалу, скоріше вони є узагальнюючими, доступними для передачі вмінням вчитись. Розрізняють інформаційно-операційні, підтримуючі та метапізнавальні стратегії.

Інформаційно-операційні стратегії спрямовані на розвиток вмінь ознайомлення з навчальним матеріалом, інтеграції нових знань з попередніми, вміння уточнювати і переглядати та аналізувати вивчене. Стратегії підтримки направлені на встановлення конкретно визначеного пізнавального настрою. Підтримка високої мотивації та орієнтації учня на розв'язання задачі є надзвичайно важливою для успішного застосування інших стратегій. Стратегія підтримки включає в себе прийоми створення позитивних емоцій та концентрації уваги, а також організації учбового часу.

Метапізнавальні стратегії найбільш підходять для учнів, які успішно навчаються, які знають свої прогалини в знаннях і намагаються їх усунути. Метапізнавальні стратегії сприяють вдосконаленню самоконтролю і саморегуляції процесу навчання. Учні можуть бути підготовлені до аналізу задач навчання і складенню питань для перевірки свого розуміння учбового матеріалу.

Отже, враховуючи всі ці теоретичні аспекти та дані наших досліджень, можна сформулювати деякі рекомендації для організації комп'ютерної підтримки процесу концептуального нав-

чання:

1. Оперативне забезпечення учнів всією інформацією по математичним моделям, методам, що застосовуються, і алгоритмам в наглядному вигляді.
2. Наявність обов'язкового діалогу з ЕОМ – учень пропонує різні варіанти дій, а ЕОМ проводить аналіз цих варіантів і оцінює їх за вибраним критерієм ефективності.
3. Створення ігрових ситуацій та ситуацій змагання для активізації пізнавальної діяльності.
4. Створення на машинних носіях інформації архівів найбільш цікавих і актуальних задач.
5. Організація ефективної самостійної роботи учня в процесі діалогу з ЕОМ.
6. Використання табличних процесорів, графічних та текстових редакторів для реалізації наочно-ілюстративного навчання.

ФОРМУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАМОТНОСТІ УЧНІВ

О.О. Запорожець
м. Кривий Ріг, Середня школа №9

У теперішній час інформатика стала однією з найфундаментальніших галузей наукової освіти, що формує системно-інформаційний підхід до аналізу навколишнього світу, вивчає інформаційні процеси, методи та засоби одержання, перетворення, передавання, зберігання та використання інформації. Ця галузь в наш час досить швидко розвивається, тому потрібно кардинально переглянути всю методику та питання, які повинні розглянути учні на заняттях з інформатики.

Школа повинна підготувати грамотних користувачів комп'ютерної техніки.

Комп'ютерна грамотність, яку часто називають "другою грамотністю", передбачає насамперед засвоєння знань, умінь та навичок, що дають змогу успішно використовувати комп'ютер під час розв'язування найрізноманітніших практичних задач. Тому, визначаючи зміст комп'ютерної грамотності, спиратися на поняття "користувач сучасної обчислювальної техніки", введене і широко вживане спеціалістами в галузі програмування й обчислювальної техніки з метою виділення кола знань, якими має володіти кожний, хто повинен розв'язувати задачі, що постають в його професійній діяльності, за допомогою комп'ютера.

Підготувати користувача, який знає можливості та сферу застосувань персональних комп'ютерів, володіє основними принципами програмування і має навички спілкування з комп'ютером, – така мета вивчення основ інформатики та обчислювальної техніки в загальноосвітній школі.

Зараз можна виділити чотири комплекси питань, що становлять зміст комп'ютерної грамотності учнів:

1. Поняття про архітектуру персонального комп'ютера, принцип дії його основних елементів.
2. Загальне застосування комп'ютерної техніки в різних галузях народного господарства, практичної діяльності людини.
3. Практичні навички спілкування з комп'ютером.
4. Поняття про алгоритмізацію, алгоритм, його властивості,

засоби та методи описування алгоритмів, програму, як форму подання алгоритму для комп'ютера; основи програмування однією з мов програмування.

Але в спеціалізованих школах, ліцеях, гімназіях можна виділити ще й п'ятий комплекс питань, пов'язаний з майбутньою професійною діяльністю, тобто потрібно розглянути саме ті питання, які можуть знадобитися учневі під час підготовки до цієї спеціальності, до якої готує спеціалізований заклад освіти (наприклад, в школах гуманітарного спрямування потрібно звернути увагу на комп'ютерні перекладачі, орфографи, словники, в школах економічного спрямування – на опанування спеціалізованими бухгалтерськими програмами тощо).

Але існуюча шкільна програма не дозволяє розв'язати цей комплекс питань в повній мірі, і тому потребує досить досконалого перегляду змісту та термінів навчання.

Очевидно, що ці загальні питання потрібно конкретизувати залежно від пізнавальних можливостей та віку учнів.

Так, у середніх (5-9) класах, у плані формування комп'ютерної грамотності, учні насамперед мають набути вміння та навичок програмувати свою учбову діяльність як у спілкуванні з комп'ютером, так і не працюючи безпосередньо з мікропроцесорною технікою.

Відповідну роботу можна органічно поєднувати з конкретним навчальним матеріалом різних шкільних предметів, особливо математики, фізики, хімії, де систематично використовується символіка, малюнки, динамічні схеми, таблиці та блок-схеми, виконуються такі розумові операції, як аналіз, синтез, порівняння, виділення істотного та узагальнення, тобто формується операційний стиль мислення, що є основою комп'ютерної грамотності.

Формування такого стилю мислення сприяє операційний підхід до аналізу будь-якого процесу, до системи засобів його здійснення.

Зокрема, розв'язування кожної задачі (не обов'язково математичної) можна розглядати як процес виконання в строго визначеній послідовності певного набору операцій.

Опорою операційного стилю мислення є такі вміння та навички:

1. Планувати послідовність операцій (кроків), які потрібно виконати, щоб досягти поставленої мети, використовуючи фіксований набір операцій та інструментів (наприклад, для побудови кута чи геометричної фігури).
2. Виділяти й описувати властивості будь-якого даного об'єкта.
3. Організовувати пошук відомостей (інформації), потрібних для розв'язування того чи іншого завдання.
4. Чітко виконувати правила поведінки з даним об'єктом.
5. Свідомо використовувати клавіатуру обчислювальних пристроїв.

Операційний стиль мислення, таким чином, невід'ємний від алгоритмічної культури і передбачає глибоке розуміння поняття алгоритму.

Отже, після закінчення 9-го класу учні повинні володіти такими питаннями:

1. Знати області використання персональних комп'ютерів та історію розвитку обчислювальної техніки.
2. Знати та розуміти архітектуру сучасних персональних комп'ютерів та роботу їх основних функціональних частин (материнська плата, процесор, постійний запам'ятовуючий пристрій, оперативний запам'ятовуючий пристрій, жорсткий диск, контролер, адаптер).
3. Ознайомитися з двійковою та шістнадцятковою системами числення.
4. Ознайомитися з принципом зберігання інформації на носіях інформації.
5. Ознайомитися з алгоритмізацією, поняттям про алгоритм та його властивості.
6. Знати засоби та методи описування алгоритмів, програму, як форму подання алгоритму для комп'ютера.
7. Свідомо використовували клавіатуру обчислювальних пристроїв.
8. Оволодіти основами програмування однією з мов програмування (бажано Сі).
9. Знати призначення операційної системи MS-DOS та набути навиків роботи в ній.
10. Набути навиків роботи з файлами за допомогою інтерактивної розширеної оболонки Norton Commander або

аналогічної.

11. Мати поняття про архівацію файлів та працювати з одним із поширених архіваторів (RAR, ARJ, PKZIP).
12. Мати поняття про комп'ютерний вірус та про програми по його знешкодженню (антивірусні програми).
13. Вміти працювати в операційній системі WINDOWS (бажано WINDOWS NT).
14. Вміти працювати з архіваторами та антивірусними програмами, які працюють під управлінням операційної системи WINDOWS NT.
15. Знати призначення Norton Utilities та вміти працювати з ними.

В старших (10-11) класах учні повинні готуватися до майбутньої професійної діяльності, вчитися застосовувати комп'ютер для виконання практичних завдань та завершували формування операційного стилю мислення.

Тобто, після закінчення середньої школи, учні повинні:

1. Мати поняття про комп'ютерні мережі та вміти працювати в комп'ютерній мережі Internet.
2. Вміти працювати з експертними, інформаційно-довідковими системами.
3. Ознайомитися з принципами роботи музичних редакторів та набути навиків роботи в музичному редакторі.
4. Мати поняття про роботу персонального комп'ютера з графічними образами та вміти працювати з одним із поширених графічних редакторів.
5. Мати поняття про текстовий процесор та вміти працювати з одним із поширених текстових процесорів (бажано Word).
6. Знати призначення та вміти працювати з електронними таблицями (бажано Excel).
7. Знати призначення систем управління базами даних та вміти працювати з однією з найпоширеніших СУБД (Access).

Отже, при формуванні комп'ютерної грамотності учнів велику увагу треба приділяти формуванню операційного мислення, підготовці учнів до подальшого суспільно-корисного життя, яке в наш час стає все складнішим без застосування комп'ютерної техніки та нових інформаційних технологій.

НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛО- ГИИ+ИНФОРМАТИКА=ТВОРЧЕСТВО И УСПЕХ

М.Э. Егорова

г. Кривой Рог, Долгинцевский гуманитарно-технический лицей

Одной из характерных особенностей второй половины XX века является стремительное возрастание роли научных исследований во всех сферах жизнедеятельности человеческого общества. Это стало возможным благодаря качественному изменению методологий научных исследований, обусловленному широкой математизацией современной науки и применению электронно-вычислительных машин.

Школьная информатика – это общеобразовательный предмет, который должен лечь в основу формирования интеллектуального потенциала школьника, понимания им информационных процессов, происходящих в окружающем мире, а также способов взаимодействия с ним.

Содержание курса гуманитарно-технического лицея "Основы информатики и вычислительной техники" базируется на трех фундаментальных понятиях: **информация – алгоритм – ЭВМ**. Именно эта система понятий задает обязательный для учащихся уровень подготовки.

Мы стараемся, чтобы этот курс принимал логически осмысленный, теоретический и практический общеобразовательный характер, направленный на систематическое развитие общих умственных способностей лицеистов и подготовить их к эффективному изучению других предметов. Такое построение предмета информатики придает ему гуманитарный, общеобразовательный характер, подготовит учащихся к дальнейшему образованию и к практическому использованию полученных знаний в жизни.

Изучение курса предполагает формирование у учащихся знаний и умений, необходимых для практической деятельности по сбору, хранению, систематизации, преобразованию и обработке информации, логического мышления и решению задачи с использованием алгоритмического и эвристического подходов, с применением вычислительной техники в качестве средства автоматизации работы с информацией.

Преподавание курса основ информатики ориентирован на специфику двух отделений лицея - технического и гуманитарного.

Цель курса:

- 1) доведение изучения информатики до творческого уровня;
- 2) видение учениками возможностей использования приобретенных знаний в их будущей профессии;
- 3) интеграция информатики с другими предметами, которые преподаются в лицее.
- 4) участие лицеистов в олимпиадах и различных конкурсах по программированию, компьютерной графике и анимации.

Программа рассчитана на пятигодичный курс преподавания предмета и предполагает применение различных видов уроков, таких как лекции, семинары, практические занятия, зачетные работы, урок-суд и т.д. Целью этих уроков является развитие у учащихся информационной культуры, выражающейся в умении собирать, накапливать, хранить и перерабатывать информацию с помощью ЭВМ, а самое главное – помочь их самовыражению, становлению личности и развитию творчества лицеистов.

Сюда входят:

- умения создавать, наполнять и обрабатывать базы данных, работать с ними, искать и пересылать информацию по сети ЭВМ, сверять информацию, получаемую от машин с реальными данными;

- умение работать с текстовой информацией, верстка статей, научных работ, лицейских брошюр, журналов и газет;

- умение работать с электронными таблицами;

- обработка графической информации – это своя художественная компьютерная галерея рисунков, анимационных, рекламных и учебных фильмов и т.д.;

- обработка звуковой и музыкальной информации.

Освоение новейших технологий требует и развивает у учащихся не только навыки алгоритмического (конструктивного) мышления, но и навыки логического (математического) мышления – умений рассуждать, доказывать, ставить вопросы, давать четкие ответы, выдвигать конструктивные решения и обосновывать их, дает широкие возможности раз-

витию творчества.

Перед собой мы поставили конкретные цели и задачи, **что** учащиеся должны **знать и уметь**. Мы работаем по модульной системе. Особенно тщательно отработаны модули: поисково-исследовательский, лабораторно-практическая работа, контрольно-оценочный модуль и модуль самостоятельного усвоения. В тоже время в технических классах в каждой параллели есть лицеисты, которые работают по спецпрограмме в опережающем режиме. Это ученики, занимающиеся дополнительно после уроков по курсу «Программирование» Малой Академии лица. Именно эти учащиеся являются помощниками учителя на уроках и внеурочное время, это они участники и даже неоднократные победители городских, областных, Всеукраинских олимпиад и конкурсов с 1993 года.

На уроках при выполнении заданий любого модуля учащимся предоставляется право выбора заданий по уровню, который они в данный момент могут осилить. Это дает им возможность самокритично оценивать свои знания и четко знать основные требования к выполнению заданий более высокого уровня.

Все работы: самостоятельные, практические, контрольные составляются еще и в многовариантном виде для того, чтобы создать полную самостоятельность выполнения учащимися этой работы. Их очень тяжело проверять учителю, это занимает много времени, но результат окупается с лихвой. С заданиями зачетных работ в 8-11 классах можно познакомиться по лицейским сборникам контрольных, практических и зачетных работ.

Зачет в 8 -11 классах рассчитан на два урока. На первом уроке половина класса решает уровневые задачи, набирая программы на ЭВМ, а вторая сдает устный зачет, на втором уроке наоборот. Устная часть зачета обязательна! Каждый из учащихся должен научиться говорить, аргументировать, рассуждать и доказывать свое мнение. В тоже время каждый из них постепенно учится выслушивать других, оценивать их знания и умения.

Проверку решения задач по карточкам сначала осуществляет помощник учителя (ученик, сдавший зачет автоматически или старшеклассник из числа членов Малой Академии лица), потом учитель. Вторая половина учащихся сдает устно зачет по вопросам, с которыми они заранее ознакомлены, сначала ученику из

группы проверяющих, а затем учителю. Группа проверяющих состоит из 2-3 учеников, сдавших зачет на отлично. В вопроснике 30-50 вопросов, поэтому проверяющие заслушивают по желанию 15-25 любых вопросов, отмечая в карточке опроса ученика, на какие вопросы и как он ответил. Учитель заслушивает остальные вопросы, отмечая в карточке результаты. Сдавший на "отлично" этот этап зачета, может присоединиться к группе проверяющих. Последнее время в 10-11 классах проверяющие заслушивают все вопросы и сами оценивают ученика, сдающего зачет. На следующий урок те, кто сдавал практическую часть зачета, сдают теорию, а вторая половина класса работает на ЭВМ. Оценка выставляется за каждый урок зачета.

Практикуются такие формы работы, как чтение лекций, проведение практических занятий, консультаций **лиценстами**, занимающимися в Малой Академии для своих одноклассников и учащихся других классов. Каждый из них делится своими знаниями, умениями, наработками с другими. Ребята разделены на группы, в которые входят учащиеся 7, 8, 9, 10 и 11 класса. Каждая группа параллельно с общими занятиями ведет обучение младших и «саморазвивается» и творчески обогащается в выбранном направлении или по нескольким направлениям (графика, анимация, программирование, работа с различными пакетами и т.д.). На занятиях изучаются темы, которые не изучаются по программе, но без них не возможно решать задачи олимпиадного уровня, программировать профессионально.

Поток информации и ее обработка растет с огромной скоростью, программные пакеты изменяются постоянно, а приобретение их очень затруднено; требования к знаниям учащихся по предмету возрастают с каждым месяцем; уровень сложности олимпиадных и конкурсных заданий пятикратно увеличивается год от года; программа курса, сложность и само содержание заданий, работ приходится изменять каждый год, **поэтому** кроме основных целей преподавания, которые были перечислены выше, перед собой мы ставим еще **одну цель - обеспечить не только курс информатики, но и преподавание других предметов своей компьютерной поддержкой.** В программе значительное внимание уделяется вопросам разработки моделей и выполнению проектных заданий, для которых подбираются реаль-

ные задачи, выполняются заявки учителей-предметников. Над такими заданиями лицеисты работают учебный год. Это могут быть программы - игровые, мультфильмы, диалоговые, учебно-контролирующие, тестовые, обучающие и т.д. В конце года проводим конкурс-защиту этих программ. Конкурсы двухэтапные. Сначала оцениваются учащимися других классов (в жюри попадают ученики 7-11 классов, имеющие отличные оценки по информатике), а потом учителями-предметниками. Учащиеся оценивают интересна ли программа, ее красочность и наглядность. Учителя учитывают грамотность, актуальность и необходимость этой программы, профессионализм по предмету (математике, физике, химии и т.д.) и научность. Эти конкурсы являются также своеобразным зачетом, контролем, итогом работы учащихся за учебный год, но и пополняют программное обеспечение лицея.

С помощью ребят, занимающихся в Малой Академии, а также лучших творческих работ старшеклассников и создается постепенно программное обеспечение компьютерной поддержки предметов. Для создания этих программ используем не только языки программирования, а и прекрасные возможности Borland Delphi, PowerPoint, Adobe PhotoShop, CorelDraw, 3DMAX, 3DStudio, AniPro и т.п., уверенно применяем гиперссылки и гипертексты. Многие программы и работы лицеистов оценены дипломами областных конкурсов-защит научных работ МАН Украины. Электронные учебники, уроки, зачеты и т.п. стали обычным на уроках по различным предметам. А электронным выпуском газет, брошюр и журналов уже ни кого не удивишь. Своими силами мы обеспечили курс информатики и литературой дидактической, методической, учебной, раздаточной и наглядной. Лицеисты увлеклись созданием учебных, рекламных и анимационных фильмов, создают свои музыкальные диски. Готовим к выпуску компакт-диск «В помощь учителю и всем любителям информатики», в который войдут электронные уроки, контрольные по всем темам языка программирования Паскаль, разработки уроков по различным темам и к ним практические работы, учебный фильм «Графы», «Алгоритмический язык» и интерпретатор алгоритмического языка, учебный фильм по графическому редактору AniPro.

Ежедневный кропотливый труд на уроках информатики и

после них учителя и детей, применение всех информационных технологий дают возможность лицеистам самовыражаться, формировать свое электронное «Я», развивать свое творчество и достигать успехов.

За время существования лицея 20 лицеистов стали победителями областных, двое из них Всеукраинских олимпиад по информатике, из 14 научных работ представленных на Областной конкурс научных работ МАН Украины – 9 награждены дипломами I и III степеней, четверо наших лицеистов стали победителями Международного конкурса компьютерной графики и анимации «Аниграфенок». Все выпускники Малой академии лицея по курсу «Программирование» выбрали профессию, непосредственно связанную с информатикой и новыми информационными технологиями.

Зміст

<i>М.К. Нечволод, М.М. Голоденко, Ю.М. Грищенко, А.Ф. Прун.</i> Комп'ютерне моделювання коливань при великих амплітудах	4
<i>А.Е. Кив, В.Н. Соловьев, Т.И. Максимова.</i> Моделирование стабилизации поверхности (001) Si низкоэнергетическими ионами	7
<i>Л.С. Шуригіна, М.М. Голоденко, В.О. Надточій, В.М. Ткаченко.</i> Комп'ютерне моделювання досліду Франка-Герца	12
<i>В.Н. Соловьев, Т.И. Максимова, С.А. Семерилов.</i> Компьютерное моделирование фуллереноподобных структур на поверхности (001) кремния	16
<i>Е.И. Гетьман, В.И. Марченко.</i> Компьютерное моделирование курса "Химия твердого тела"	21
<i>Д.И. Родькин, А.А. Хараджян, С.А. Семерилов.</i> Метод определения параметров двигателя постоянного тока	27
<i>Я.В. Шрамко.</i> Ревизия знаний как проблема научной эпистемологии	34
<i>І.О. Теплицький.</i> Фізичні моделі в курсі "Основи комп'ютерного моделювання"	46
<i>Е.Я. Глушко, В.Н. Евтеев.</i> Исследование состояний в иерархических структурах	55
<i>Е.Я. Глушко, Е.В. Журавель, И.Л. Линчук.</i> Моделирование интерфейсных состояний в полупроводниковых гетероконтактах	57
<i>О.П. Шестопалова.</i> Використання компютерних версій психологічних тестів як засіб діагностики та розвитку пізнавальних здібностей	63
<i>Р.М. Балабай, А.В. Черноок.</i> Метод модельного отжига для решения оптимизационных задач	68
<i>Н.В. Грищенко.</i> До питання викладання основ комп'ютерного моделювання на природничих факультетах	74
<i>Н.В. Грищенко.</i> Моделювання точкових дефектів у кремнії: нероз'єднані пари Френкеля	78
<i>Т.И. Максимова.</i> Моделирование поверхности (001) кремния методом молекулярной динамики с использованием эмпирических потенциалов	86

<i>Е.П. Никонова.</i> Компьютерное моделирование низкотемпературных аномалий физических свойств структурно-неупорядоченных материалов	97
<i>В.Л. Малорян, О.В. Крапивная, В.С. Озийчук.</i> Некоторые особенности организации преподавания курса информатики в вузе на базе сетевых технологий	108
<i>А.С. Зеленский, Л.Л. Жукова, С.В. Баран.</i> Использование современных программных средств при автоматизированном контроле знаний студентов	113
<i>С.В. Диордиенко, В.Л. Малорян.</i> Влияние современных технологий программирования на содержание школьного курса информатики	117
<i>Н.С. Завієзна, Є.В. Чернов, О.А. Хараджян.</i> Методична схема складання та використання математичних задач в курсі інформатики	122
<i>О.В. Бич, О.В. Григор'єва.</i> Застосування нових інформаційних технологій при вивченні математики	125
<i>Л.О. Черних.</i> Вивчення стохастичної лінії шкільного курсу математики з використанням НІТ	128
<i>А.П. Полищук, С.А. Семериков.</i> Концепция курса “Численные методы в объектной методологии”	131
<i>Ю.М. Кравченко.</i> Блиц-игра как система автоматизированного контроля знаний	139
<i>А.А. Коновал.</i> Об объемном заряде проводника с током	143
<i>А.А. Коновал.</i> Закон Био-Савара для зарядов, движущихся с релятивистскими скоростями	147
<i>Ю.А. Курбатов.</i> Возможности лазерной телеметрии в ШКФ	149
<i>В.П. Ржепецький.</i> Про шляхи вдосконалення викладання фізики в школі	153
<i>М.І. Задорожній.</i> Інформаційні технології навчання в загальноосвітній школі	158
<i>Е.А. Кривенко.</i> Компьютерные физические демонстрации в курсе оптики	169
<i>Н.С. Завієзна.</i> Актуальность внедрения и использования дистанционного обучения	174
<i>С.В. Брадул, Э.И. Славенко, С.А. Тернов.</i> Создание учебной информационной системы для решения экономических задач на базе intranet-технологий	177

<i>Т.Н. Золотарева.</i> Информационные технологии в подготовке менеджера	181
<i>К.А. Безпалько.</i> Організація інформаційного наповнення локальної мережі вищих навчальних закладів	186
<i>О.С. Бондар.</i> Методика використання мережі Internet у викладанні теорії основ ринкової економіки	190
<i>В.С. Колеватих.</i> Проблеми і результати використання новітніх інформаційних технологій при створенні автоматизованих систем контролю знань	194
<i>О.П. Поліщук.</i> Інструментально-виконавча система навчання та тестування	198
<i>Л.А. Лисина, Е.В. Курочкина.</i> Создание рабочей среды для уроков по Excel	207
<i>Ю.В. Филатов.</i> Разработка алгоритмов, имитирующих решение задачи человеком	211
<i>Л.Н. Шокотько.</i> Использование дидактических основ информационных технологий для развития устойчивого интереса учеников к обучению	220
<i>Ю.П. Рева.</i> Відбір та оцінка програмного забезпечення для організації сучасного процесу навчання	225
<i>Ю.П. Рева.</i> Використання концептуальної технології навчання в сучасних умовах	230
<i>О.О. Запорожець.</i> Формування комп'ютерної грамотності учнів	236
<i>М.Э. Егорова.</i> Новые информационные технологии + информатика=творчество и успех	240

Наукове видання

**Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології
в освітній діяльності**

*Збірник наукових статей
(за матеріалами Всеукраїнської конференції)*

Підп. до друку 07.04.99
Бумага офсетна №1
Ум. друк. арк. 14,60

Формат 80x84 1/16.
Зам. №4-0701
Тираж 300

Видавничий відділ Криворізького державного педагогічного
університету
КДПУ, 324086, Кривий Ріг-86, пр. Гагаріна, 54

E-mail: svn@kpi.dp.ua