

УДК: 371.134.51

Садовий Микола Ілліч, професор кафедри фізики та методики її викладання
Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира
Винниченка, м. Кіровоград

Руденко Євгеній Володимирович, учитель науково-виробничого комплексу
Олександрійський колегіум – спеціалізована школа м. Олександрії

ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЯДЕРНОЇ ФІЗИКИ У СЕРЕДНІЙ ШКОЛІ

Анотація

Стаття присвячена проблемі використання новітніх технологій навчання для моделювання фізичного експерименту з квантової фізики. Актуальність дослідження полягає у необхідності організації та реалізації фізичного експерименту у середніх навчальних закладах з фізики високих енергій з послідовним використанням діяльнісного підходу. Такий підхід значно активізує процес використання моделей і моделювання, абстрагування, ідеалізацію й аналогії. Створення ідеалізованих об'єктів, зокрема, взаємоперетворень елементарних частинок, які не існують у об'єктивній дійсності, але які мають певні прообрази в реальному світі допомагають у першому наближенні дійти до істини. У статті використано програму Macromedia Flash. Ця програма має ряд переваг порівняно з іншими можливим програмним забезпеченням за можливостями та простотою використання. У програмі використовуються всі види комп'ютерної графіки (растрова, векторна), що дає високі можливості зі створення графічних об'єктів і, готові файли займають мінімум постійної пам'яті. У статті подано частину розроблених дослідів модельного характеру. Демонстрації здійснюються у динамічному режимі. Метою даної статті є обґрунтування та розкриття суті моделювання ядерних процесів фізики високих енергій.

Ключові слова: програма Macromedia Flash, графіка, моделювання, досліди.

Методиці навчання фізики високих енергій або фізики елементарних частинок у середніх навчальних закладах за останні 50 років майже не приділялось уваги, дисертаційних робіт практично не виконувалось, є подекуди зустрічаються публікації

статей хоч це є переднім краєм науки фізика. Такий стан, насамперед, пов'язаний із складністю понять і явищ, труднощами постановки експериментів розділу. Розуміння учнями природи ядра, взаємодій і взаємоперетворень у ньому є необхідною ланкою сучасного стану фізичного знання, сучасного рівня пізнання структури матерії. Перераховане складає **актуальність статті**.

Мета статті полягає у розробці елементів методики експериментального навчання школярів фізики високих енергій, передбачає вивчення фундаментальної структури речовини і полів, з чого складається, за сучасними уявленнями фізичний і біологічний світ. Матеріальна база фізичних кабінетів не дозволяє забезпечити постановку експериментів з даної теми. Але є можливість подолати цю прогалину комп'ютерним моделюванням процесів взаємоперетворення елементарних частинок.

Ми виходимо з того, що в організації та реалізації фізичного експерименту з фізики високих енергій повинен послідовно використовуватися діяльнісний підхід. Методика навчання класичної фізики добре розроблена і вдало використовується у практичній діяльності. Інша справа, квантова фізика, де постановка безпосереднього експерименту в умовах середньої школи практично є складною справою. Це викликає необхідність пошуку методів і прийомів до переходу від інформаційно-пояснювального характеру навчання квантової фізики, орієнтованого на передачу готових знань, до діялісного, спрямованого на розвиток пізнавальних сил і творчих здібностей, способів мислення та діяльності учнів.

Ми вважаємо, що вчитель повинен володіти новітніми технологіями комп'ютерного моделювання, яке є ваговою органічною частиною методики навчання фізики у середній школі. Викладач повинен виходити з того, що чітке розуміння учнями експериментального характеру фізичних законів має визначальне пізнавальне і світоглядне значення. Тоді фізика виступає наукою про природу, а не лише системою світоглядних побудов, наукою, що прищеплює думку про межі застосування фізичних законів і теорій, відкриває перспективи подальшого розвитку науки.

Традиційно вважається, що фізичний експеримент слугує одночасно джерелом знань, методом навчання та видом наочності і тому є невід'ємною його складовою. Навчальний експеримент з фізики є критерієм істинності нових знань, широко використовується як засіб активної навчально-пошукової діяльності учнів. Він є

методом реалізації дидактичної мети, розвитку мислення і самостійності учнів, формування у кожного школяра активної позиції у навчально-пошуковому процесі. Процес навчання фізики в середніх навчальних закладах завжди спирався на експериментальну основу. На основі спостережень і дослідів із застосуванням спеціально створеного для цього навчального обладнання з'ясовується сутність фізичних понять, явищ та процесів.

Аналіз методичної та спеціальної літератури [1; 2; 3; 4] показав, що становлення і розвиток методики фізики, як педагогічної науки, у частині використання фізичного експерименту зводився до запровадження дослідів, які готував і виконував учитель, а всі учні класу спостерігали за отриманими результатами. Тоді фізичний експеримент є складовою частиною передачі вчителем навчального матеріалу учням.

Згодом шкільний фізичний експеримент доповнився дослідями, які виконували учні самостійно на уроці, а потім — і в домашніх умовах. Отже, з часом створилася система навчального фізичного експерименту. Зараз ця система, завдяки плідній праці багатьох методистів і вчителів, охоплює демонстрації вчителя, виконання фронтальних лабораторних робіт учнями, фізичний практикум, експериментальні задачі й вправи, самостійні досліди й спостереження учнів у домашніх умовах, пошуки, дослідження, моделювання, навчальні комп'ютерні ігри тощо. Така система навчального фізичного експерименту є взаємопов'язаною сукупністю найважливіших дослідних фактів, що складають зміст навчального матеріалу, та експериментальних методів дослідження у галузі фізики й передбачає поступове підвищення ролі самостійної активної пізнавально-пошукової діяльності учнів у процесі оволодіння фізичними знаннями.

У науковій літературі досить повно сформований фізичний експеримент з таких розділів фізики як “Механіка”, “Молекулярна фізика”, “Електрика”, “Оптика”. Шкільний фізичний експеримент з розділу фізики “Квантова фізика” у силу специфіки розроблений недостатньо.

Тому метою даної статті є обґрунтувати і визначити шляхи реалізації проблеми створення комплексного експерименту з розділу “Квантова фізика”, який включав би в себе демонстраційну частину, дослідницький пошук, експериментальні задачі, комп'ютерне моделювання та можливість виконання складових експерименту учнями самостійно, включаючи й у домашніх умовах.

Виходячи з поставленої мети, ми поставили низку завдань:

1. Здійснити аналіз методичної та спеціальної літератури з проблем використання інформаційно-комунікаційних технологій навчання.
2. Вибрати комп'ютерні програми, з допомогою яких буде здійснено моделювання процесів взаємоперетворень у мікросвіті.
3. Розробити систему дослідів з реалізації задуму.

Виклад основного матеріалу. Здійснення цих завдань ускладнюється тим, що основні уявлення та поняття цієї теми мають квантовий характер і тому є досить складними для постановки у середній та вищій школі. Крім цього більшість основних означень, без яких важко обійтися у вивченні даної теми, не розглядаються.

Ускладнення полягають і у відсутності обладнання для постановки демонстрацій і лабораторних робіт, а відповідно і неможливість здійснення ефективного демонстраційного та фронтального експерименту. У зв'язку з цим особливого значення набуває використання друкованої наочності у вигляді плакатів, схем і аналогій. Тут ваги набуває уявний експеримент, в активізації якого неабияку роль може відіграти персональний комп'ютер.

Такий підхід до вивчення квантової фізики у нинішніх умовах значно активізує процес використання моделей і моделювання. Будь-яке моделювання неможливе без абстрагування ідеалізації й аналогії. Під абстрагуванням розуміють виокремлення в об'єкті дослідження властивостей або сукупності властивостей, котрі повинні стати предметом вивчення.

Створення ідеалізованих об'єктів, наприклад, взаємоперетворень елементарних частинок, які не існують в об'єктивній дійсності, але які мають певні прообрази в реальному світі, допомагають у першому наближенні дійти до істини. Ідеальний газ, матеріальна точка, кварки, чорні діри тощо є такими об'єктами.

Застосування методу аналогії фізичне знання, набуте при дослідженні певного об'єкта (моделі), переноситься на інший, менш доступний для дослідження об'єкт (іншу модель) [2, с. 21].

У навчально-виховному процесі важливим моментом у набутті знань є такі особливості розумової діяльності, як здатність людини мислити не лише поняттями, а і символами й образами. Такі символи й образи використовуються у фізиці елементарних частинок. Тому пізнавальний процес краще організувати так, щоб

оптимально поєднувались у процесі навчання різні види наочності, моделей, понять і образів.

Оскільки під час розкриття властивостей мікросвіту та основних закономірностей поведінки мікрооб'єктів у загальноосвітньому навчальному закладі неможливо повністю повторити історію розвитку фізичної науки, то процес формування знань основ квантової фізики доцільно організувати як цілеспрямовану навчально-пізнавальну діяльність, що зорієнтована на розвиток теоретичного мислення [2, с. 70].

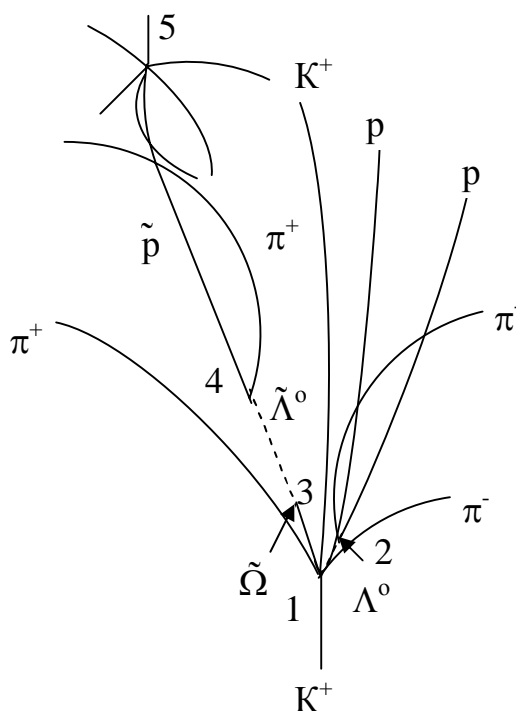


Рис. 1. Схематичне зображення народження і розпаду антигіперона

Ми віддаємо перевагу можливостям комп'ютерного моделювання фізичних явищ і процесів з розділу фізики "Квантова фізика". Під час вибору програми, у якій можна було б створити рухомі графічні зображення, ми зупинилися на програмі Macromedia Flash. Ця програма має низку переваг порівняно з іншими можливим програмним забезпеченням за можливостями і простотою використання:

У програмі Macromedia Flash використовуються всі види комп'ютерної графіки (растрова, векторна), що дає високі можливості зі створення графічних об'єктів і, що саме головне на сучасному етапі розвитку науки і техніки, готові файли займають мінімум постійної пам'яті.

Під час роботи з програмою Macromedia Flash вистачить навіть малопотужного персонального комп'ютера і невеликого обсягу вільної пам'яті на жорсткому диску, а також незначного обсягу оперативної пам'яті;

Існують електронні і звичайні підручники з використання програми Macromedia Flash та інших версій цієї програми.

Порівняно швидко можна створити готовий об'єкт і, за допомогою внутрішніх ресурсів програми, заставити його рухатися. Важливим фактором на користь програми є можливість зміни і переробки готових результатів.

Поєднання програми з програвачем готових файлів можна відображати на будь-якому персональному комп'ютері. Важливою функцією програми є можливість створення автономного exe файлу, для якого не потрібно навіть програвача для демонстрації готових результатів.

Однією з головних переваг цієї програми є те, що за новими програмами вивчення основ інформатики в загальноосвітній середній школі включено вивчення програми Macromedia Flash.

Програма спирається на мову програмування Action Script, яка відноситься до візуальних мов програмування. Це повноцінна мова програмування, що дає широкі можливості досягнення поставленої мети.

Та попри всі позитиви програми, для створення даних моделей, необхідно мати ґрунтовні знання з програмування та досвід роботи з графічними редакторами.

У версії програми Macromedia Flash ми створили демонстраційний та фронтальний експеримент із тем фотоефект, досліди Резерфорда, ефект Комптона, квантування енергії, імпульсу, взаємоперетворення елементарних частинок тощо.

На рис. 1 подано модель народження і розпаду гіперону. Сам процес взаємоперетворень здійснюється динамічно.

На нашу думку, розроблені нами демонстрації є основними в розділі, хоча це далеко не всі демонстрації, які можна створити в даному програмному середовищі, опираються на навчальний матеріал підручників.

Наведемо частину розроблених нами дослідів модельного характеру. Демонстрації здійснюються в динамічному режимі. Демонстрацію можна зупинити в будь-який момент часу, повторити тощо.

Досліди Резерфорда

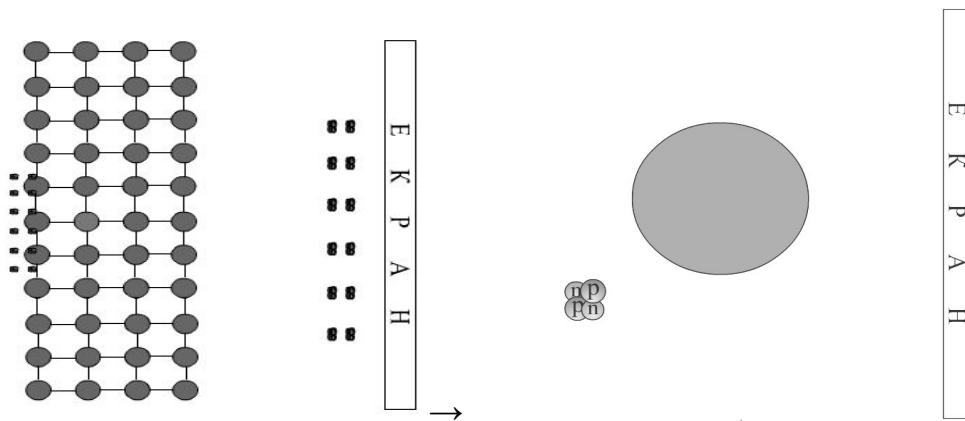


Рис. 2

На рис. 2 зображено момент динамічної картини досліду Резерфорда. Спочатку зображається бомбардування альфа частинками тонкої золотої пластинки. Потім показуємо бомбардування одного атома альфа частинкою. Електронна оболонка не зображена у зв'язку з тим, щоб не загроможувати малюнок. Досліди Резерфорда наочно демонструють такий історично важливий факт, як перехід від моделі будови атома Томсона до теорії будови атома Резерфорда-Бора (планетарна модель будови атома). Цей дослід дає можливість перейти від давно застарілих плакатів і схем до віртуальної діючої моделі.

Анігіляція частинок

Під час вивчення теми про елементарні частинки вводиться нове досить інформаційне поняття — анігіляція пари частинка-античастинка. Це є одним із видів взаємоперетворень елементарних частинок у кванти поля. Термін анігіляція у перекладі з латинської мови означає перетворення у ніщо, зникнення. Пізніше виявилось, що такий термін невдалий, бо в анігіляціях пари чітко виконуються закони збереження, у тому числі і збереження матерії (матерія не знищується, а перетворюється з однієї форми у другу). Тому ми вважаємо, що слід вживати термін “анігіляція пари”. Анігіляція пар властива всім частинкам, у яких є наявним хоч би один фізичний заряд (лептонний, баріонний, електричний). Не анігілюють лише нейтральні частинки, у яких античастинки тотожні частинкам (фотон, нейтральний піон). Під час анігіляції частинка й античастинка перетворюються у кванти того поля, яке відповідає типу взаємодії між частинками: при електромагнітній — у фотони, при сильній — у піони, при слабкій — у бозони.

Анігіляція пари частинок показана на прикладі протона й антипротона. При взаємодії цих частинок утворюються два фотони (рис. 3).



Рис. 3

Мезонна теорія ядерних сил

Формування поняття взаємоперетворення частинок переходить до уяви, що елементарні частинки постійно випромінюють і поглинають інші частинки у випадку нуклонів — мезонів. Ці частинки виступають у ролі переносника взаємодій. Так π -мезон, рухаючись із швидкістю $v \approx c$, встигає за час взаємодії відійти від центра нуклона на відстань порядку 10^{-15} м, після чого знову поглинається нуклоном.

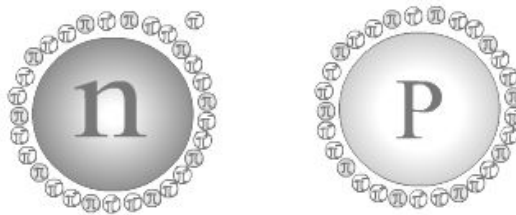


Рис. 4

Дана демонстрація, на нашу думку, є основною у темі “Ядерна фізика”. Наочно показано зміст мезонної теорії ядерних сил. Протон і нейтрон у ядрі обмінюються π -піоном (рис. 4), який є переносником сильної взаємодії, при цьому протон, випромінюючи π^- піон, перетворюється у нейтрон, а нейтрон, поглинувши π^- піон, перетворюється у протон.

Синтез речовини

Поняття про синтез речовин доцільно почати з реакцій синтезу речовин, які проходять на Сонці при температурах 5-10 млн. К, 10-15 млн. К, 15-20 млн. К.

У даній демонстрації наочно показано зміст синтезу гелію (водневий цикл) при температурі 5-10 млн. К (рис. 5). Крім того цю демонстрацію можна використати як експериментальну задачу з такими завданнями:

1. Записати рівняння реакції $\mathbf{P+P \rightarrow D+e^+ + \nu_e}$, $\mathbf{D+P \rightarrow ^3He + \gamma}$, $\mathbf{^3He+^3He \rightarrow ^4He+2P}$.
2. Знайти дефект мас.
3. Обчислити кількість енергії, яка виділилася (поглинулася) під час досліду.

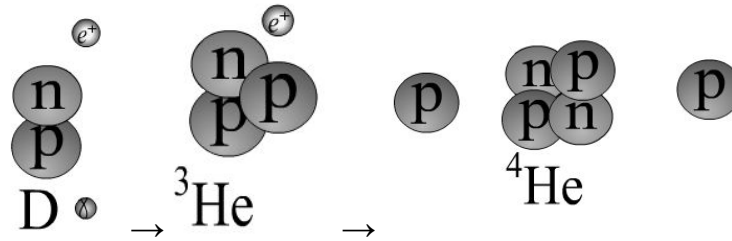


Рис. 5

Фотоефект

Взаємодіючи з електроном металу, фотон може обмінятися з ним енергією й імпульсом. Фотоефект виникає у випадку непружного зіткнення фотона з електроном (рис. 6). При такому зіткненні фотон поглинається, а його енергія передається електрону. Отже, електрон отримує кінетичну енергію не поступово, а відразу. Енергія поглинутого фотона може витрачатись на відрив електрона від атома у середині металу. Відірваний електрон взаємодіятиме з іншими атомами металу, втрачаючи свою енергію, яка буде йти на нагрівання. Електрон, який вилітає з металу, матиме максимальну кінетичну енергію тоді, коли в середині атому він був вільним і

при вилітанні з атому не витрачав енергії. Тоді: $\frac{m_e v^2}{2} = h\nu - A$. У даній моделі вільні електрони виділені розміром і траєкторією.

Важливим фактором наочності слугують автоматичні математичні розрахунки енергії фотона і швидкості електрона.

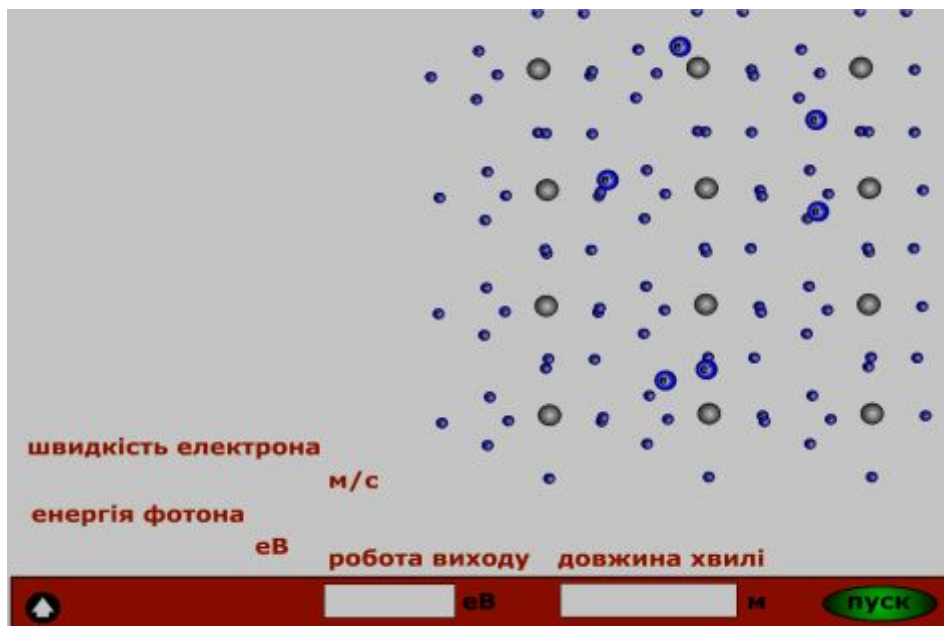


Рис. 6

Для виконання досліду "фотоефект" потрібно виконати такі кроки:

1) Відкрити відповідний файл Flash.

2) Натиснути на кнопку **Пуск**.

3) У вікні **Робота виходу** вписати значення роботи виходу електрона з потрібного металу у вигляді десяткового дробу, наприклад 4.5 для вольфраму.

Примітка: замість коми у десяткових дробах необхідно ставити крапку.

4) У вікні **Довжина хвилі** вписати значення довжини хвилі у метрах, наприклад 450×10^{-9} . Примітка: для введення значень використовувати виключно англійську розкладку клавіатури.

5) Натиснути кнопку **Пуск**.

Розглядаємо динамічну картину.

Досліди Франка і Герца

Для виконання досліду Франка і Герца потрібно виконати такі кроки:

1) Відкрити відповідний файл Flash.

2) Натиснути на кнопку **Пуск**.

3) У вікні **Напруга катод-сітка** вписати значення напруги, наприклад 4.5.

Примітка замість коми у десяткових дробах необхідно ставити крапку.

4) Натиснути кнопку **Пуск**.



Рис. 7

Атоми ртуті бомбардуються електронами, енергію яких можна змінювати задавши напругу (рис. 7). Рівень кінетичної енергії електронів в електрон-вольтах відповідає напрузі катод-сітки. 4,9 еВ, 9,8 еВ. Це та енергія електрона, яку атом ртуті може поглинути, в інших випадках проходить пружне відбивання, за якого електрон

не втрачає своєї кінетичної енергії. Після поглинання енергії електрона атом ртуті переходить на вищий енергетичний рівень, а потім через час $t=10^{-8}$ с, випромінюючи фотон, повертається у початковий стан.

Розроблені нами досліди з комп'ютерного моделювання пройшли апробацію у школах м. Олександрії та Кіровограда й одержали схвальну оцінку.

Висновки. Отже, запропонована нами інформаційно-комунікаційна технологія формування комп'ютерних програм типу Macromedia Flash є комплексною проблемою і складає один з напрямків забезпечення новітніх методів забезпечення організації навчально-виховного процесу на якісно новій основі. Науково-педагогічний пошук складає основу діяльнісного підходу до формування системи модельних дослідів з явищ взаємоперетворень у мікросвіті. Це дає змогу забезпечити суб'єктам навчання інформаційно-комунікаційну грамотність, психологічну готовність до роботи з навчання явищ мікросвіту з допомогою модельного динамічного експерименту. Крім цього такий підхід забезпечить якісно нову підготовку вчителя до роботи у школі.

Список використаних джерел

1. *Садовий М. І.* Становлення та розвиток фундаментальних ідей дискретності та неперервності у курсі фізики середньої школи / М. І. Садовий. — Кіровоград: Прінт-Імідж, 2001. — 396 с.
2. *Калапуша Л. Р.* Моделювання у вивченні фізики / Л. Р. Калапуша. — К.: Рад. шк., 1982. — 158 с.
3. *Биленький С. М.* Ведение в диаграммы Феймана и физику электрослабого взаимодействия / С. М. Биленький. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 327 с.
4. Современная теория элементарных частиц: Сборник статей. — М.: Наука, 1984. — С. 120–144.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

Садовой Н. И., Руденко Е. В.

Аннотация

Статья посвящена проблеме использования новейших технологий для моделирования физического эксперимента квантовой физике. Актуальность исследования состоит в необходимости организации и реализации физического эксперимента в средних учебных заведениях по физике высоких энергий с

последовательным использованием *деятельностного* подхода. Такой подход значительно активизирует процесс использования моделей и моделирования, абстрагирования, идеализацию и аналогии. Создание идеализирующих объектов, в частности, взаимопревращений элементарных частиц, которые не существуют в объективной действительности, но которые имеют определенные прообразы в реальном мире, помогают в первом приближении прийти до истины. В статье использована программа Macromedia Flash. Эта программа имеет ряд преимуществ в сравнении с другими возможным программным обеспечением за возможностями и простотой использования: В программе используются все виды компьютерной графики (растровая, векторная), которая дает высокие возможности создания графических объектов и, готовые файлы занимают минимум постоянной памяти. В статье подана часть разработанных опытов модельного характера. Демонстрации осуществляются в динамическом режиме.

Ключевые слова: программа Macromedia Flash, графика, моделирование, опыты.

A STUDY OF NUCLEAR PHYSICS PROCESSES AT MIDDLE SCHOOL

Sadovoy N., Rudenko E.

Resume

The article discloses the problem of new technology usage for the physics' experiment in the quantum physics modeling. Currency of investigation consists in the need of physics experiment organization and realization in high energy physics with the consistent usage of activity method in middle education institutions. This kind of method considerably stirs up the process of model usage and modeling, abstracting, idealization and analogy. Idealized objects' creation, elementary part transmutation, in particular, that does not exist in the objective reality, but possesses definite prototypes in the real world that help in their first approximation to the truth. The program Macromedia Flash has been used in the article. This program has a range of advantages comparing to other possible software according to their possibilities and usage simplicity. The program uses all kinds of computer graph (raster, vectorial), which gives great opportunities for graphic objects' creation, and prepared files take minimum of the constant memory. A part of developed experiments of the modeling character is given in the article. Demonstrations are done in dynamic rate.

Keywords: Macromedia Flash program, graphics, modeling, experiments.