

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ВОПРОСОВ СУБЪЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ В СООТВЕТСТВИИ С ПРИНЦИПАМИ ПРЕЕМСТВЕННОСТИ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Абдикамалов Бахтияр Абдиразакович,  
профессор Каракалпакского государственного университета имени Бердаха

*Аннотация.* На основе анализа процессов, происходящих в физике элементарных частиц, астрофизике и физической космологии, сформулированы задачи преподавания субъядерной физики, астрономии и астрофизики в соответствии с принципами преемственности и последовательности.

*Ключевые слова:* Субъядерная физика, физика элементарных частиц, принцип преемственность, принцип последовательность, методика преподавания физики, система компьютерной алгебры Mathematica.

*Abstract.* Based on the analysis of the processes occurring in elementary particle physics, astrophysics and physical cosmology, the tasks of teaching subnuclear physics, astronomy and astrophysics in accordance with the principles of continuity and sequence are formulated.

*Keywords:* Subnuclear physics, elementary particle physics, the principle of continuity, the principle of consistency, methods of teaching physics, computer algebra system Mathematica.

## O'QUV JARAYONIDA UZLUKSIZLIK VA IZCHILLIK TAMOYILLARIGA MUVOFIQ SUBYADROVIY FIZIKA MASALALARINI O'RGANISHDA KOMPYUTER SIMULYATSIYASIDAN FOYDALANISH

Abdikamalov Baxtiyar Abdirazakovich,  
Berdaq nomidagi Qoraqalpoq davlat universiteti professori

*Annotatsiya.* Elementar zarrachalar fizikasi, astrofizika va fizik kosmologiyada sodir bo'ladigan jarayonlarni tahlil qilish asosida subyadroviy fizika, astronomiya va astrofizika fanlarini o'qitish vazifalari uzluksizlik va izchillik tamoyillariga muvofiq tuzilgan.

*Tayanch iboralar:* Subyadro fizikasi, elementar zarralar fizikasi, uzluksizlik prinsipi, ketma-ketlik prinsipi, fizikani oqitish metodikasi, Mathematica kompyuter algebra tizimi.

Введение. В настоящее время физика элементарных частиц (физика высоких энергий) и ее Стандартная модель занимают ведущее место как при изучении явлений микромира, так и в современной космологической теории. Все физические явления, которые происходили при первых минутах возникновения Вселенной, тесно связаны с процессами, происходящими в микромире при очень высоких энергиях, температурах, плотностях, сравнимыми с планковскими значениями. Поэтому, глубокое усвоение объектов микромира и процессов, связанных с фундаментальными элементарными частицами и их взаимодействиями, занимают важное значение при изучение всей физической науки.

При преподавании таких сравнительно сложных по содержанию курсов, как ядерная и субъядерная физика, квантовая механика, на первый план выходят вопросы наглядности изучаемых объектов и их взаимодействий. Так, например, изучение фундаментальных частиц Стандартной модели, в частности получение наглядных представлений о фундаментальных фермионах (кварки и лептоны трех поколений) и калибровочных бозонах (глюоны, фотон,  $W^{\pm}$ - и  $Z^0$ - бозоны, частица Хиггса) требует совершенно нового подхода для процесса преподавания, разработки новых педагогических технологий для изложения соответствующих учебных материалов.

Естественно, несмотря на наличие богатого материала по физике элементарных частиц, Стандартной модели, а также современной физической космологии в информационных средствах сегодняшнего дня, вопрос разработки новых технологий преподавания, именно технологий, касающихся современной теории элементарных частиц и физической космологии, является актуальной задачей. С другой стороны, при помощи современных компьютерных технологий можно добиться значительного прогресса в повышении информативности и наглядности процесса преподавания. При этом, следует обратить внимание как на имеющиеся объекты микромира, так и на процессы, происходящие с участием фундаментальных и составных элементарных частиц. При этом для преподавателя направляющим центральным положением должен быть вывод о том, что в современной физике симметрии однозначно определяют динамику взаимодействия частиц.

Таким образом, формируемая нами проблема сводится к следующему: организация учебного процесса в соответствии с принципами преемственности и последовательности, выбор компьютерных программ для решения поставленных задач, составление базы данных для демонстрации и дальнейшего использования, а также составление соответствующих математических программ, позволяющих показ анимаций процессов взаимодействия элементарных частиц и интерактивных моделей [1].

В качестве программных средств использовалась 13-я версия проприетарной системы компьютерной алгебры Mathematica, широко используемая для научных, инженерных, математических расчётов и разработанная фирмой Wolfram Mathematica. Следует отметить, что демонстрационный проект Wolfram, который является информационным ресурсом, представляет огромное количество разработок, предназначенных для наглядного представления анимаций по многим разделам физической науки в различных учебных заведениях. В качестве примера можно показать такие, как распад адрона, осцилляции нейтрино (Neutrino Oscillations), возникновение масс у протона и нейтрона (How the Proton and Neutron Got Their Masses), объединение кварков в адроны (Combining Quarks into Hadrons) и др. [2].

Субъядерная физика, соответственно, физика элементарных частиц, находится в особенном положении среди других разделов общей физики. Это связано, во-первых, с глубоким квантовым характером всех физических явлений и, во-вторых, с наличием большого числа непривычных для студентов новых понятий, как конфайнмент, асимптотическая свобода, цветной заряд, переносчики фундаментальных взаимодействий, калибровочная симметрия, калибровочные бозоны, спонтанное нарушение симметрии, ароматы частиц, осцилляция различных типов нейтрино и др. Эти понятия стали неотъемлемой частью всей основной терминологии, используемой в астрофизике и космологии. С другой стороны, следует считать, что студент, изучавший основы атомной физики и основных принципов квантовой механики, легко усваивают все основополагающие положения субъядерной физики, что требует от преподавателя при проведении учебного процесса грамотно использовать принципы преемственности и последовательности при проведении каждой лекции, практических и других видов учебных занятий.

Однако, имеет место глубокая аналогия между отдельными оптическими и субъядерными явлениями. Так, для каждого аромата кварков, которые являются строительными блоками адронов (барионов и мезонов), существуют три возможных цвета: красный, синий и зеленый. Они не имеют ничего общего с реальными видимыми цветами, однако, их можно сравнить с тремя потоками света различных цветов (красный, желтый и синий), которые в совокупности дают белый свет. В то же время антикварки имеют цвета, обозначенные как антикрасный, антизеленый и антисиний, которые в совокупности дают черный цвет. Это положение следует использовать для получения безцветных барионов и мезонов, соответственно из трех и двух кварков (кварка и антикварка).

Здесь особый интерес вызывает демонстрационный пакет, предложенный S. M. Blinder [3]. Созданный им «установщик частиц» по команде преподавателя или любого студента формирует барионы или мезоны и дает их основные параметры (спин и массу). При этом можно легко продемонстрировать, что барионы состоят из триплетов кварков. В то же время мезоны объединяют кварк с антикварком. Существуют также антибарионы, состоящие из троек антикварков. Все кварки (и антикварки) имеют спин  $1/2$ , как и электрон. Поэтому они ведут себя как фермионы. Как следствие, все барионы имеют нечетные полуцелые спины и являются фермионами, а мезоны имеют целые спины (0, 1 и т. д.) и являются бозонами. В этой демонстрации для синтеза барионов и мезонов небольших масс каждый может создавать комбинации u-, d- и s-кварков и антикварков. В связи с тем, что в области элементарных частиц масса и энергия практически эквивалентны, массы кварков и адронов выражаются в единицах  $M_{\text{ЭВ}}/c^2$ .

В случае демонстрации нейтринных осцилляций следует обратить главное внимание на сложность изучаемого явления, т.к. нейтрино, первоначально имеющий определенный аромат (электронное, мюонное или тау-нейтрино), может быть обнаружен как нейтрино, имеющий другой аромат после того, как он улетит далеко от источника. На языке квантовой физики состояния, представляющие три типа аромата, не имеют определенной массы. Каждое из собственных состояний массы представляет собой линейную комбинацию состояний различных ароматов. Явление осцилляции зависит от параметров модели, а именно от разностей масс собственных состояний масс и параметров смешивания, из которых, как правило рассчитываются коэффициенты линейной комбинации. Соответствующие графики показывают вероятность обнаружения нейтрино, имеющего определенную энергию и аромат в зависимости от расстояния между источником и детектором.

Все описанные выше явления широко используются в современной космологии и астрофизике. Так, благодаря асимптотической свободе соответствующие константы связи с ростом температуры (плотности) вещества уменьшаются. Такая ситуация создаёт возможность описать поведение вещества при температурах вплоть до  $T \sim M_{\text{Pl}} \sim 10^{19}$  ГэВ, что соответствует плотности вещества  $\rho_{\text{Pl}} \sim 10^{94}$  г/см<sup>3</sup> при Планковской эпохе эволюции Вселенной, предшествующей Эпохе Великого Объединения всех фундаментальных взаимодействий.

Фазовые переходы, которые имели место в ранней Вселенной в ходе её расширения и остывания, происходили в результате спонтанного нарушения симметрий и привели к возникновению обычного вещества в результате целого ряда превращений из высокоэнергичного вакуума, должны быть включены в обновленные учебные программы и должны быть изложены в процессе преподавания соответствующих курсов особенно в магистратуре. Это обусловлено с тем,



что все процессы, связанные с элементарными частицами и их взаимодействием, происходили в ранней Вселенной по законам, имеющие место в субъядерной физике [4].

Заключение.

Таким образом, современные образовательные компьютерные технологии при умелом использовании принципов преемственности и последовательности позволяют значительно повысить результативность учебного процесса по изучению субъядерных объектов и явлений.

Литература

1. Джораев М., Абдикамалов Б., Хожаназарова Р. Компьютерный эксперимент с использованием формул Планка и Релея-Джинса для оценки границ квантовых и классических закономерностей при преподавании курсов оптики и атомной физики // ISSN 2010-720X. Илим хэм жэмийет. №6.2020.8-10б.

2. [https://reference.wolfram.com/language/ref/entity/Wolfram Demonstration.html](https://reference.wolfram.com/language/ref/entity/Wolfram%20Demonstration.html).

3. <https://demonstrations.wolfram.com/CombiningQuarksIntoHadrons/#more>.

4. Д.С.Горбунов, В.А.Рубаков. Введение в теорию ранней Вселенной. Космологические возмущения. Инфляционная теория. Москва. КРАСАНД.2010 - 568 с.

5. Абдикамалов Б.А., Хожаназарова Р.М. Использование современных учебных приборов и системы компьютерной алгебры Mathematica при выполнении лабораторных работ общего физического практикума по оптике // ҚМУ. «Сапалы тәлим: Машқала хэм перспективалар» атамасында министрлик көлеминде илимий-эмелий конференция. Нөкис-2018 б 4-5.