

- 
8. *Цыпкин Я. З.* Адаптация и обучение в автоматических системах. М.: Наука, 1968.
  9. *Hull C. L.* Principles of behavior. An introduction to behavior theory. New York: Appleton-Century-Crofts, 1943.

#### REFERENCES

1. *Beljaeva L. N., Nymm V. R., Shubina N. L.* Informatika i informatsionnye tehnologii v strukture uchebnyh programm gumanitarnyh fakul'tetov // *Izvestija Sankt-Peterburgskogo universiteta ekonomiki i finansov.* 2010. № 2. S. 61–72.
2. *Bellman R.* Mozhet li mashina myslit'? // *Problemy sovremennoj kibernetiki.* М.: Znanie, 1975.
3. *Bush R., Mosteller F.* Sravnenie vos'mi modelej // *Matematicheskie metody v sotsial'nyh naukah.* М.: Fizmatgiz, 1973.
4. *Kohonen T.* Assotsiativnaja pamjat'. М.: Mir, 1980.
5. *Popov Ju. P., Samarskij A. A.* Vychislitel'nyj eksperiment. М.: Znanie, 1983.
6. *Pospelov G. S., Pospelov D. A.* Issledovanija po iskusstvennomu intellektu v SSSR // *Kibernetiku — na sluzhbu kommunizmu.* М.: Energija, 1978. Т. 9.
7. *Rastrigin L. A., Jerenshtejn M. H.* *Adaptivnaja sistema obuchenija s model'ju obuchaemogo.* Riga: Zinatne, 1988.
8. *Tsyppkin Ja. Z.* Adaptatsija i obuchenie v avtomaticheskikh sistemah. М.: Nauka, 1968.
9. *Hull C. L.* Principles of behavior. An introduction to behavior theory. New York: Appleton-Century-Crofts, 1943.

*V. H. Markov*

### ОСНОВЫ СОВРЕМЕННОЙ КВАНТОВО-РЕЛЯТИВИСТСКОЙ ФИЗИКИ И КОСМОЛОГИИ КАК ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОЕКТ РАЗВИТИЯ ШКОЛЬНОГО ФИЗИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

*Представлена методическая концепция и ее реализация в инновационном образовательном проекте углубленного изучения основ современной квантово-релятивистской физики и космологии в средней школе. Исследование направлено на развитие физического образования в контексте современной образовательной парадигмы.*

**Ключевые слова:** фундаментализация, гуманизация образования, квантово-релятивистская физика, физический вакуум, космология, эволюционно-синергетическая парадигма.

*V. Markov*

### THE FUNDAMENTALS OF QUANTUM RELATIVITY PHYSICS AND COSMOLOGY AS AN INNOVATIVE PROJECT OF SCHOOL PHYSICS EDUCATION

*This paper presents the methodological concept and its implementation in the framework of an innovative in-depth study project of the fundamentals of the contemporary quantum-relativity physics and cosmology education in the secondary school. The research is aimed at the development of physics education in the context of the contemporary educational paradigm.*

**Keywords:** fundamentalisation, humanisation of education, quantum relativity physics, physical vacuum, cosmology, evolutionary synergetical paradigm.

В развитии человеческого общества происходят не только научные революции, кардинально меняющие понимание основных положений, составляющих фундамент науки, но и периоды достаточно глубоких радикальных реформ в образовании, когда на смену одной

---

образовательной парадигме приходит другая, отвечающая новому историческому этапу развития общества и науки. Сегодня на образовательном пространстве утверждается *гуманистическая* парадигма, направленная на развитие личности. Она вбирает в себя традиционную «знаниевую» модель образования, но при этом изменяет акценты и ориентиры образования, отдавая приоритет формированию интеллектуальной и общей культуры личности, ее компетентности и творческих начал. В качестве базовых принципов современной парадигмы выступают фундаментальность, целостность и гуманизация образования.

Новая модель образования требует обновления и его содержания. В данной статье речь пойдет о разработке и реализации в рамках этой образовательной модели методической концепции изучения основ квантово-релятивистской физики и космологии в средней общеобразовательной школе. Представленный в ней научно-методический подход ориентирован на *углубленный* уровень изучения физики. Он стал основой реализуемого нами инновационного образовательного проекта. В настоящее время создание школ и классов с углубленным изучением основ фундаментальных наук является стратегически важной задачей, решение которой связано с воспитанием и развитием будущей интеллектуальной элиты — ученых и инженеров, творчески мыслящих людей, способных обеспечить научно-технический прогресс страны.

Необходимость решения данной проблемы сегодня ощущается особенно остро. Неуклонно падает престиж школьного физического образования, которое оказалось мало связанным с жизнью современного общества. Содержание существующего курса физики принципиально не изменилось со времен реформы школьного образования начала 70-х годов прошлого века. Оно по-прежнему направлено на формирование политехнического образования, основывается на классических представлениях и, в лучшем случае, соответствует научным представлениям начала XX века.

Дело даже не в том, что изучаемых вопросов современной физики в школьном курсе действительно мало. Главное, — они не создают понимания того, что с появлением квантово-релятивистской физики произошла революция в физике, которая кардинально изменила представления об устройстве мира. Кроме того, отсутствие общих концептуальных и мировоззренческих идей (образно говоря, «сюжетных линий») делает курс разобщенным, не связанным в единое целое. Поэтому неудивительно, что, даже зная отдельные физические законы, ученик оказывается не в состоянии ответить на главный вопрос: что составляет основу современной научной картины мира. А ведь это можно считать сердцевинной физического образования.

В связи с этим уместно вспомнить слова американского физика И. Раби, лауреата Нобелевской премии, сказанные им почти пятьдесят лет назад: «Я уверен, что мы недостаточно последовательны, преподнося науку подрастающему поколению, в основном, в плане ее практической полезности. Мы даем очень мало из того важного для нашей жизни, что лежит за пределами практического приложения науки... Сейчас значение науки совсем другое... Физика сейчас находится в ядре гуманистического воспитания... Мое предложение состоит в том, что физика должна преподаваться на всех уровнях гуманистическим путем. Под этим я подразумеваю *исторический, философский и социальный* аспекты науки» (From the address of I. I. Rabi at AAAS meeting of Educational Policies Commission, 27 December 1966, Washington, D. C.). С этой позицией трудно не согласиться. Однако гуманистические аспекты науки должны основываться, прежде всего, на понимании сущ-

---

ностных основ изучаемого материала. Только в этом случае обучение может быть педагогически эффективным.

В методических исследованиях неоднократно предпринимались попытки модернизировать изучение современной физики в школе, но они не увенчались успехом. Главная причина этого кроется в том, что ее стараются изучать в виде *теоретической схемы*, то есть как специальную теорию относительности и квантовую механику, а не как физику, имеющую *онтологическую* основу. Такой путь изучения физики в школе неизбежно ведет к формальному знанию. Учащиеся просто не в состоянии постичь всей глубины теоретической конструкции, поскольку они не готовы к этому ни в теоретическом, ни в математическом планах. Решение задач физического образования, в том числе философского понимания основных научных положений и мировоззренческих универсалий, должно быть связано с постижением *физической онтологии*. Учебное познание должно строиться не на «голой» феноменологии или освоении теоретических схем, а на основе изучения реальных физических явлений и процессов.

Исходя из вышеуказанных позиций, выделим ряд факторов, которые, с точки зрения целей и принципов современного образования, должны определять методическую концепцию изучения квантово-релятивистской физики и космологии в школе, это:

- *историко-культурологический*, направленный на формирование понимания единства естественнонаучной и гуманитарной культуры;
- *философско-методологический*, способствующий философскому осмыслению изучаемого материала и постижению методов научного познания;
- *онтологический*, раскрывающий сущностные основы квантово-релятивистской физики и космологии и тем самым ведущий к формированию представлений о современной научной картине мира;
- *системный*, обеспечивающий целостность естественнонаучного образования на основе формирования современной естественнонаучной эволюционно-синергетической парадигмы;
- *когнитивный*, учитывающий познавательные возможности учащихся.

С учетом всех этих факторов обучение будет направлено на интеллектуальное развитие личности, будет способствовать формированию ее научного мировоззрения, философской и познавательной культуры. В этом отношении фундаментальные основы квантово-релятивистской физики являются *стратегическим ресурсом развития физического образования*.

Остановимся на некоторых из них более подробно. Сегодня становится ясно, что для сущностного *понимания* фундаментальных основ релятивистской и квантовой физики недостаточно изучать только их феноменологические основы, которые были открыты еще в начале прошлого века и завершились созданием теории относительности и квантовой механики. Под феноменологические принципы релятивистской и квантовой физики необходимо подвести *онтологическое* основание. Таковым является факт существования в реальности особой формы материи — *физического вакуума*, из которого на фундаментальном уровне и по определенным законам могут рождаться другие виды материи — вещество и поле. Это открытие стало историческим итогом развития науки последней трети XX века и дает основание полагать, что физика нового столетия будет физикой вакуума.

Физический вакуум является *базовой* формой материи по отношению к веществу и полю. Если механику можно считать физикой вещества, описывающей механическую

---

форму движения материальных тел, а электродинамику — физикой электромагнитного поля и соответственно полевой формы движения, то, с точки зрения современного понимания, квантово-релятивистская физика представляет собой физику вакуума и всего, что с ним связано. Вакуум оказался вовсе не демокритовой абсолютной пустотой, как полагал И. Ньютон, и не вещественным светоносным эфиром, как считали физики в конце XIX века. Это особая мировая физическая среда, которая предопределяет характер движения и динамику малых материальных объектов, генетически с нею связанных. Поэтому релятивистская и квантовая физика по сути являются проявлениями свойств физического вакуума.

Наличие геометрических и кинематических симметрий физического вакуума на макроскопическом уровне приводит к основным законам и принципам релятивистской физики. На микроскопическом уровне вакуум проявляет квантовую структуру. Его флуктуации рассматриваются как виртуальные частицы, которые на очень короткое время заимствуют энергию квантового поля, а затем возвращают ее обратно. Динамический хаос виртуальных образований порождает специфическую — квантовую форму движения реальных микрообъектов в этой среде, что и составляет фундаментальную основу квантовой физики.

Впервые квантовая форма движения на макроскопическом уровне наблюдения проявилась в корпускулярно-волновом дуализме и привела к вероятностно-статистическому описанию поведения микрообъектов. Другой стороной ее существования, как выяснилось, является образование устойчивых дискретных состояний квантовых структур в различных пространственно-энергетических масштабах, что приводит к иерархической структурной лестнице мироздания.

Таким образом, использование концепции физического вакуума позволяет раскрыть онтологию релятивистской и квантовой физики, а также показать их глубокую взаимосвязь и обусловленность, что особенно проявляется в физике высоких энергий, когда начинают происходить процессы множественного рождения элементарных частиц из физического вакуума.

Естественным и логичным развитием этой темы становится изучение вопросов современной космологии, ее стандартной и инфляционной моделей. Это позволяет дать научно обоснованное представление об эволюционном развитии Вселенной — ее рождение из нестабильного возбужденного состояния вакуума и последующего космогенеза, сопровождавшегося взаимообусловленным действием микро- и макроэволюционных процессов, которые привели к появлению новых структур и форм материи. Тем самым можно выделить и содержательно развить (наряду с теориями геологической и биологической эволюции) определяющую научную идею или парадигму современного естествознания, основным принципом которой является *универсальный эволюционизм и всеобщая синергия*. Несомненно, что достичь глубокого восприятия и понимания этой идеи можно только через постижение фундаментальных основ квантово-релятивистской физики и построенной на ней современной космологии.

Такова в общих чертах физическая сторона развиваемой нами методической концепции. Ее основная цель — *концептуально и онтологически объединить изучение квантовой и релятивистской физики и космологии в единую целостную систему*, что создает, во-первых, более глубокое понимание уже использующихся в курсе физики фундаментальных понятий и принципов; во-вторых, приводит к осознанию новой — квантово-

---

релятивистской — физической картине мира и эволюционно-синергетической парадигме, лежащей в основании всего современного естествознания. Не останавливаясь здесь подробно на других аспектах данной концепции (см., например, работы [1; 2]), сформулируем ее основные положения:

- основы квантовой и релятивистской физики должны изучаться в рамках единой квантово-релятивистской физической концепции, *онтологическим* основанием которой являются структурно-симметричные свойства физического вакуума, определяющие проявление в физической реальности релятивистских и квантовых факторов;

- квантово-релятивистская физика (с позиций *системно-структурного* подхода) должна представляться как единая целостная содержательная система, структурно опирающаяся на ряд фундаментальных физических принципов, определяющих современное физическое понимание мира;

- формирование принципов квантово-релятивистской физики должно осуществляться путем теоретического обобщения эмпирических фактов и их последующего развертывания в обширной предметной области — от физики атомов до элементарных частиц и космологии (что составляет содержательную основу *развивающего обучения*);

- интеграция в структуру изучения квантово-релятивистской физики вопросов космогенеза создает возможности для реализации синтеза и *целостности* естественнонаучного образования на основе включения в его содержание принципа универсального эволюционизма и всеобщей синергии;

- содержание квантово-релятивистской физики должно представляться в контексте *историко-культурологического* развития фундаментальных мировоззренческих и физических идей как важнейшая часть культуры современной эпохи, обеспечивающая формирование базовых структур человеческого сознания, определяющих научное мировоззрение человека;

- изучение квантово-релятивистской физики должно быть согласовано и адаптировано к развитию когнитивных структур мышления путем *деятельностного* освоения физической методологии и современного стиля научного мышления;

- математический аппарат в изложении квантово-релятивистской физики должен использоваться по принципу *разумной достаточности*, ограничивающему стремление достичь излишней строгости рассуждений путем построения сложных математических вычислений.

Попытка реализовать эти методические положения нами была предпринята в новом учебном пособии «Основы современной физики и космологии», предназначенном для учащихся, углубленно изучающих физику и математику в общеобразовательных учреждениях [4]. Его содержание представлено в виде лекций. По нашему замыслу, этим достигается цельность восприятия отдельной темы или проблемы, в то же время позволяя учителю самостоятельно осуществлять планирование учебного материала по урокам. Первые результаты оказались вполне удовлетворительными, а главное, они показали неподдельный интерес учащихся к обсуждаемой проблематике.

Ниже приводится структура (рис. 1) и содержание реализованной в учебном пособии программы. Рассчитана она на 50 часов и состоит из трех модулей. Модульный принцип построения программы позволил более четко выразить ее составные части и содержащиеся в них ключевые идеи, подлежащие изучению, сгруппировать содержание программы в несколько относительно самостоятельных блоков.



Рис. 1. Структура учебной программы углубленного изучения основ квантово-релятивистской физики и космологии с опорой на онтологическую концепцию физического вакуума

---

**Программа**  
**изучения основ квантово-релятивистской физики и космологии**  
(углубленный уровень)

**Модуль 1. Историческое развитие мировоззренческих идей.** Научная картина мира как отражение культуры исторической эпохи. Идеи единства, первоосновы и саморазвития мира в древнегреческой натуральной философии. Натурфилософские концепции атомизма и непрерывности, их развитие в классической физике. Экспериментальные и теоретико-математические основы механики Ньютона. Абсолютное пространство и время. Принцип дальнего действия. Механический детерминизм. Концепция мирового светоносного эфира. Принцип ближнего действия. Электромагнитная теория Максвелла.

Физический вакуум как форма материи и онтологическое основание квантово-релятивистской физики и космологии. Структура современной физики. Принцип соответствия. Исторический путь к современной научной картине мира.

**Модуль 2. Основы релятивистской физики.** Историческое становление релятивистской физики. Понятие физической симметрии. Фундаментальные (геометрические и кинематические) симметрии вакуума. Связь симметрий с законами сохранения. Релятивистский принцип относительности. Релятивистская постоянная. Релятивистский закон преобразования скоростей. Основные соотношения релятивистской динамики и их экспериментальные основания. Принцип эквивалентности энергии и массы.

**Исторические основы квантовой физики.** Гипотеза Планка и Эйнштейна о дискретности электромагнитного излучения. Проблема теплового изучения тел. Квантовая постоянная. Фотоэффект. Эффект Комптона. Гипотеза де Бройля о волновых свойствах вещества. Интерференция и дифракция микрочастиц. Принцип корпускулярно-волнового дуализма.

**Квантово-физическая форма движения. Фундаментальные принципы квантовой физики.** Модельные эксперименты с электронами на двух щелях. Квантово-физическая форма движения микрочастиц. Вероятностный детерминизм. Волновая функция. Принцип суперпозиции квантовых альтернатив. Принцип и соотношения неопределенностей.

Квантовая структура физического вакуума. Виртуальные частицы. Эффект Казимира. Взаимодействия реальных и виртуальных частиц. Фейнмановские диаграммы. Сущность корпускулярно-волнового дуализма.

**Физические основы квантовых структур. Квантовая модель атома.** Рождение атомной квантовой механики. Проблема устойчивости атома в классической физике. Постулаты Бора.

Квантовая модель отражающего осциллятора. Нерелятивистская квантовая модель атома водорода. Квантование энергии и орбитального момента количества движения. Квантовые числа. Электронные конфигурации атома. Энергетический спектр и спектральные закономерности атома водорода. Спин электрона. Релятивистская квантовая модель атома водорода. Лэмбовский сдвиг. Оболочечная модель многоэлектронных атомов.

Принцип запрета Паули. Спектральный принцип квантовой физики.

**Действие и проявление квантовых и релятивистских принципов в ядерной физике.** Методологические и феноменологические основы ядерной физики. Метод рассеяния. Ядерные силы. Сильное взаимодействие нуклонов. Энергия связи ядер. Дефект масс как проявление действия закона эквивалентности энергии и массы. Радиоактивность. Проявление слабого и электромагнитного взаимодействий.

Спектральный принцип и принцип Паули в ядерной физике. Ядерные спектры. Изотопическая симметрия. Оболочечная модель ядра.

Ядерные реакции. Источники энергии звезд.

**Субъядерная физика и физический вакуум.** Особенности субъядерного мира. Систематизация элементарных частиц.

Гипотеза о кварковой структуре адронов. Проявление спектрального принципа в субъядерной физике. Внутренние симметрии элементарных частиц. Стандартная модель физики элементарных частиц. Фундаментальные частицы вещества. Квантово-полевой механизм фундаментальных взаимодействий.

Физический вакуум и взаимопревращения элементарных частиц.

---

**Модуль 3. Основы современной космологии и космомикрoфизики.** Историческое развитие представлений о возникновении и строении Вселенной. Методология и экспериментальные средства исследования Вселенной.

Теоретические и эмпирические основы релятивистской космологии. Пространство и время в теории относительности. Наблюдаемые следствия общей теории относительности. Релятивистская модель нестационарной Вселенной. Модель Фридмана. Космологический эффект красного смещения. Закон Хаббла. Космологическое ускорение Вселенной.

Модель горячей Вселенной. Большой взрыв. Гравитационный вакуум и инфляционная модель. Сценарий эволюционного развития Вселенной. Реликтовое излучение.

Эволюция галактик и звезд. Наша галактика и место в ней солнечной системы.

**Принцип универсального эволюционизма и всеобщей синергии в научной картине мира.** От неклассической к постнеклассической картине мира. Иерархическая структурная лестница мироздания. Принцип универсального эволюционизма. Принцип всеобщей синергии и самоорганизации мира. Фундаментальные проблемы современного естествознания.

Важным элементом этой программы является *историко-культурологический* модуль. Фактически он выполняет роль своеобразного введения в изучение основ современной физики. Его цель состоит в том, чтобы задать определенный мировоззренческий и концептуальный вектор всему последующему изучению материала, обозначить в нем главную проблему научного познания — постижение мироустройства, его структуры.

Стремясь постичь тайны мироздания, человек прошел длинный путь осмысления объективной реальности — от представлений о сотворении мира Богом до понимания природы естественного происхождения и саморазвития Вселенной. Началом этого познавательного пути явились умозрительные мировоззренческие идеи древнегреческой натуральной философии, которые затем были развиты экспериментальным естествознанием и математикой и привели, в конечном счете, к установлению фундаментальных законов природы. Этот исторический путь познания истины составляет основу введения, в котором нами подчеркнута выделены:

- три основных *этапа* научного познания мира (античная натуральная философия; классическое естествознание, начало которому положила ньютоновская механика; современная квантово-релятивистская физика, составляющая основу современных космологических представлений и эволюционно-синергетического видения мира);

- основные *методы* научного познания и путь их исторического развития — от натурфилософского умозрительного восприятия мира к экспериментальной методологии и математическому моделированию, составляющих основу теоретического осмысления реальности;

- *фундаментальные идеи и понятия* (категории), определяющие устройство мироздания, истоки их появления, последующего исторического развития и современного понимания.

Центральное положение в этом модуле занимает идея о *единстве, первооснове и саморазвитии материального мира*, сформулированная первыми древнегреческими натурфилософами. Она становится его доминантой, поскольку весь последующий путь развития естествознания можно рассматривать как конкретизацию и эволюцию этой фундаментальной идеи об устройстве Мира. Со временем она оформляется в виде определенных философских учений, физических концепций и теорий, которые уже оперируют такими универсалиями, как материя, движение, пространство, время. Исторический путь развития этой мировоззренческой идеи схематически представлен на рисунке 2.



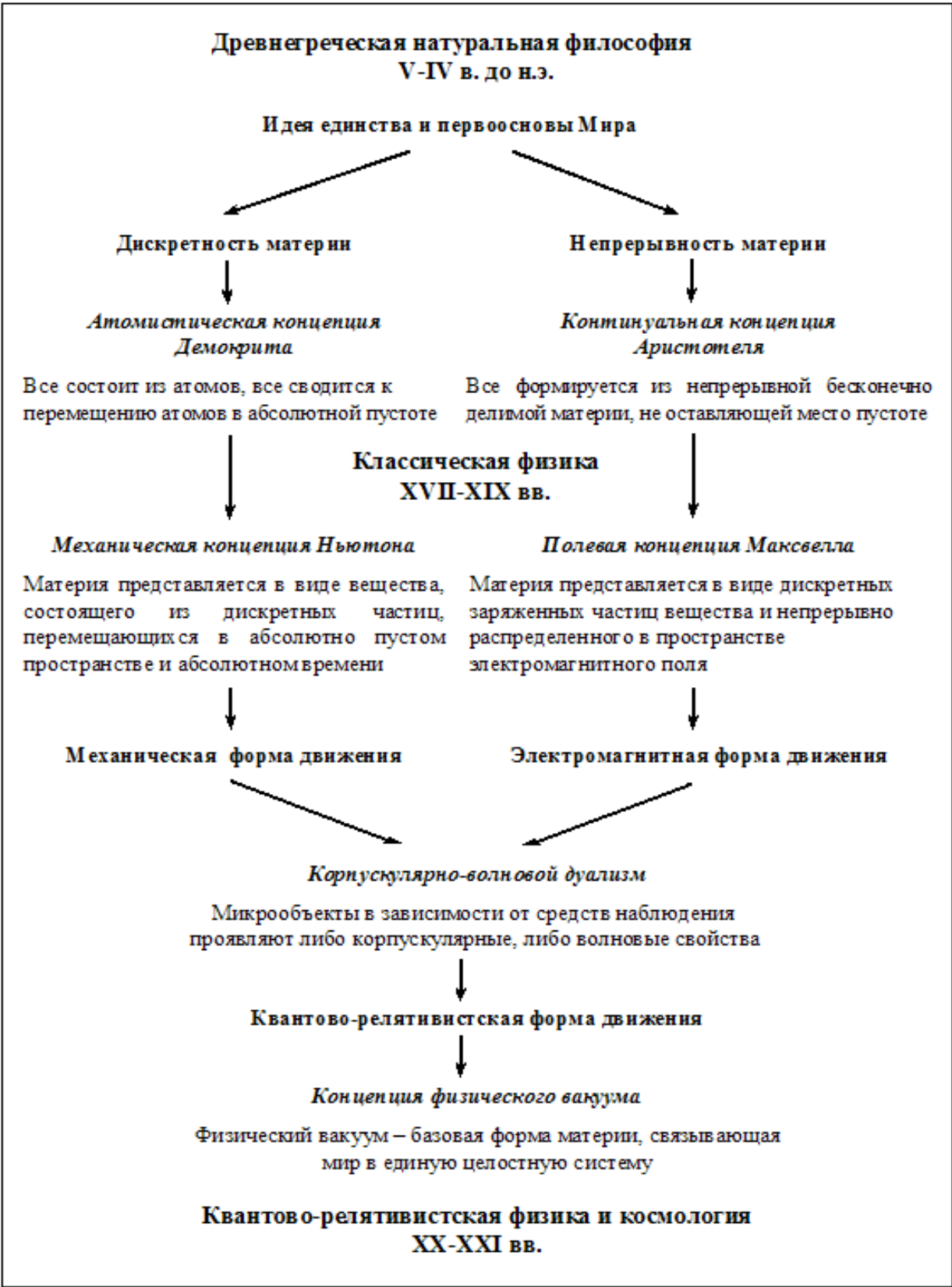


Рис. 2

---

Таким образом, содержание данного модуля решает следующие важные задачи:

- создает необходимую предпосылку для введения представлений о физическом вакууме как исходной онтологической первооснове материи, связывающей мир в единую целостную систему;
- объединяет изучение классической и квантово-релятивистской физики вокруг фундаментальной натурфилософской идеи об устройстве мира;
- формирует понимание принципиального различия классического и неклассического (квантово-релятивистского и эволюционного) взгляда на мир.

В этой статье мы затронули только главную, стержневую часть методических идей, составляющих основу принципиального нового методического подхода к изучению современной квантово-релятивистской физики и космологии (более подробно он представлен в работе [3]). Следует заметить, что, не являясь жесткой методической схемой, строго регламентирующей порядок действий в изложении содержания, он, тем не менее, задает концептуальный каркас всего курса физики, наделяя его при этом некоторыми степенями свободы и устанавливая общую направленность методических действий для дальнейших поисков и исследований в этой области. В конечном счете, такой подход может привести к изменению всей структурной архитектоники физического образования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Марков В. Н.* Образовательная стратегия познания современной физики // Известия РГПУ им. А. И. Герцена: Научный журнал. 2010. № 135. С. 143–154.
2. *Марков В. Н.* Проблема разработки фундаментально-содержательного ядра квантово-релятивистской физики на продвинутом уровне изучения в профильной школе // Известия РГПУ им. А. И. Герцена: Научный журнал. 2013. № 154. С. 155–164.
3. *Марков В. Н., Пухов Н. М.* Физическая картина мира: От натуральной философии к современной физике: Монография. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2011. 222 с.
4. *Марков В. Н.* Основы современной физики и космологии: Учебное пособие для общеобразовательных учреждений с углубленным изучением физики. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2014. 182 с.

#### REFERENCES

1. *Markov V. N.* Obrazovatel'naja strategija poznanija sovremennoj fiziki // Izvestija RGPU im. A. I. Gertsena: Nauchnyj zhurnal. 2010. № 135. S. 143–154.
2. *Markov V. N.* Problema razrabotki fundamental'no-soderzhatel'nogo jadra kvantovo-reljativistskoj fiziki na prodvinutom urovne izuchenija v profil'noj shkole // Izvestija RGPU im. A. I. Gertsena: Nauchnyj zhurnal. 2013. № 154. S. 155–164.
3. *Markov V. N., Puhov N. M.* Fizicheskaja kartina mira: Ot natural'noj filosofii k sovremennoj fizike: Monografija. SPb.: Izd-vo RGPU im. A. I. Gertsena, 2011. 222 s.
4. *Markov V. N.* Osnovy sovremennoj fiziki i kosmologii: Uchebnoe posobie dlja obshcheobrazovatel'nyh uchrezhdenij s uglublennym izucheniem fiziki. SPb.: Izd-vo RGPU im. A. I. Gertsena, 2014. 182 s.