

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
ПИИЦ (Russia) = 3.939
ESJI (KZ) = 9.035
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2021 Issue: 10 Volume: 102

Published: 06.10.2021 <http://T-Science.org>

QR – Issue



QR – Article



E.N. Xudayberdiyev

Navoiy State Pedagogical Institute
candidate of physical and mathematical Sciences,
associate Professor, Republic of Uzbekistan

L.K. Samandarov

Navoiy State Pedagogical Institute
Applicant, Republic of Uzbekistan
latifbeksamandarov@mail.ru

METHODOLOGICAL PROBLEMS OF TEACHING THE THEORY OF PARTICLE-WAVE DUALISM FOR PHYSICS STUDENTS

Abstract: This article analyzes the meaning and role of dialectical laws and categories in teaching the phenomena of the microcosm, including the phenomena studied in the course of nuclear physics. The methodological problems of teaching the theory of wave – particle dualism from the physical and philosophical point of view are analyzed.

Key words: Lighting, corpuscular, wave, microloans, dualism, dialectical analysis, contradictions, negation of negation, quantitative changes, qualitative changes, philosophical categories, continuity, cause and effect, learning effectiveness.

Language: Russian

Citation: Xudayberdiyev, E. N., & Samandarov, L. K. (2021). Methodological problems of teaching the theory of particle-wave dualism for physics students. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 10 (102), 256-262.

Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-10-102-15> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2021.10.102.15>

Scopus ASCC: 1211.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ТЕОРИИ КОРПУСКУЛЯРНО – ВОЛНОВОГО ДУАЛИЗМА ДЛЯ СТУДЕНТОВ – ФИЗИКОВ

Аннотация: В данной статье анализируется значение и роль диалектических законов и категорий при обучении явлений микромира, в том числе явлений, изучаемых в курсе ядерной физики. Анализируются методологические проблемы преподавания теории корпускулярно – волнового дуализма с физической и философской точки зрения.

Ключевые слова: Освещение, корпускулярный, волна, микрораймы, дуализм, диалектический анализ, противоречия, отрицание отрицания, количественные изменения, качественные изменения, философские категории, непрерывность, причина и следствие, эффективность обучения.

Введение

УДК 371.302

Осознание человеком окружающего мира и природных явлений с появлением способности осознания бытия в определенном смысле можно рассматривать как первый этап в формировании философского мышления и философского мировоззрения, в формировании философии

природы. Именно благодаря этим осознанием были накоплены человеческие знания о природе и явлениях, наблюдаемых в ней, и родилась философия естествознания в целом, но позже расширилась и разделилась на механику, астрономию, физику, химию и другие естественные науки.

С другой стороны, поскольку каждая из этих дисциплин оценивает изучаемые явления с точки

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
РИИЦ (Russia) = 3.939
ESJI (KZ) = 9.035
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

зрения количественных и качественных показателей, их изучение и интерпретация развивались вместе с математическими концепциями. В результате этого развития в вышеуказанных дисциплинах были сформированы научные факты, концепции, законы и теории, и теоретические исследования наряду с объяснением сущности экспериментальных результатов достигли до уровня предсказания новых идей. Дальнейшее развитие естествознания на более поздних стадиях развития науки показывает, что между всеми природными явлениями существуют целостные и сложные связи и что они подчиняются самым общим законам. Хорошо известно, что изучение самых общих законов природы, общества и мышления является предметом философской науки. Таким образом, на современном этапе развития науки очевидна роль философии в научных исследованиях а также в повышении эффективности преподавания физики, являющейся одной из основ промышленного производства, техники и машиностроения. Потому что комплексный анализ философских аспектов изучаемой области при подготовке специалистов для различных отраслей производства является одним из важных факторов подготовки квалифицированных кадров.

В данной статье анализируется значение и роль диалектических законов и категорий при обучении явлений микромира, в том числе явлений, изучаемых в курсе ядерной физики. Анализируются методологические проблемы преподавания теории корпускулярно – волнового дуализма с физической и философской точки зрения.

Современная физика характеризуется изучением таких типов материи, как вещество и поле. Вещество и поле могут преобразоваться друг в друга, поэтому поле меняет состояние вещества, а вещество влияет на состоянии поля. Теория корпускулярно - волнового дуализма, которая сегодня представляет собой один из универсальных законов природы, впервые возникла в процессе изучения явления света - природы света. Хотя представления о природе света формировались с древних времен, научные анализы накопленных данных проводились в XVI веке И. Ньютоном, Х. Гюйгенсом, Т. Юнгом и другими, а в XIX-XX веках - Дж. Максвеллом, М. Планком, А. Эйнштейном и Л. Де Бройлем. Квантовая теория света, разработанная в XX веке трудами вышеуказанных ученых является общепризнанной, совершенной теорией. Этапы формирования научных представлений о природе света можно условно представить как на рис. 1.

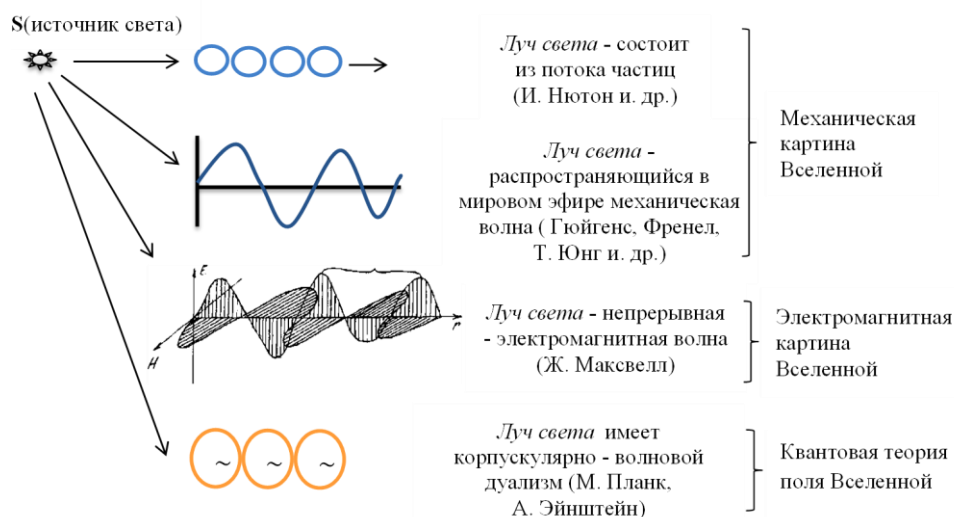


Рис.1. Этапы развития представлений о природе света – возникновение корпускулярно-волновой теории

Из рисунка видно, что от простых представлений о природе света, известных в древности, до современных квантовых представлений, развитие науки проходит стадии развития, которые включают ряд идей, которые противоречат друг другу, дополняют друг друга и в конечном итоге сливаются в единую совершенную теорию. Как видно, развитие

представлений о свете и микрочастицах можно разделить на три этапа. Хотя первые две теории, представленные на диаграмме, противоречат друг другу, по существу их можно объединить в одну стадию как механическая картина вселенной. Теория Максвелла формирует электродинамический взгляд на Вселенную с точки зрения материи и ее движения. Концепция

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
РИИЦ (Russia) = 3.939
ESJI (KZ) = 9.035
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

квантовых полей о материи и ее движении - это современная теория, теория корпускулярно-волнового дуализма. Чтобы проиллюстрировать истинную природу этой теории, ее роль и значение в понимании закономерностей явлений микромира проанализируем диалектику корпускулярно - волнового дуализма, в ходе своего развития, проходящую вышеуказанные этапы. Философский анализ этапов развития теории корпускулярно - волнового дуализма, приведшего к радикальным изменениям в научной

и практической деятельности человека, а также в промышленном производстве указывает, что в данном процессе неуклонно выполняются законы диалектики, как борьба и единство противоположностей, отрицание отрицания и преобразование количественных изменений в качественную и др. Физические и диалектические интерпретации развития представлений о природе света и последовательная связь между ними можно проиллюстрировать схемой на рис.2.



Рис.2. Физическая интерпретация природы света.

Как видно из диаграммы для объяснения явлений и законов геометрической оптики при отражении и преломлении света на границе двух сред свет представляется как поток частиц (корпускул) вылетающих из источника. Эта теория была развита И. Ньютоном и его сторонниками, которые смогли объяснить указанные выше закономерности оптических явлений на основе этой теории. Однако эта теория не смогла объяснить связанные со светом волновые явления, такие как интерференция света, дифракция и другие явления, которые уже были известны в то время. Гюйгенс, Френель и другие исследовали и развили волновую теорию света, получившую название волновой оптики.

Следует отметить, что волновая оптика также может объяснить прямолинейное распространение света. Эти две теории, в некотором смысле, дополняют друг друга, демонстрируя диалектическое единство противоположных свойств материи при изучении физической реальности, расширяя наше понимание природы света. Мы можем видеть это в философском анализе развития этих теорий. С диалектической точки зрения теория Гюйгенса является отрицанием идей теории Ньютона. Однако эта теория также имеет определенные ограничения, которые необходимо прояснить. Например, в теории Гюйгенса свет считается механической волной, которая, в свою очередь,

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
РИИЦ (Russia) = 3.939
ESJI (KZ) = 9.035
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

требует существования некоторой среды между небесными телами Вселенной (например, между Солнцем и Землей) для распространения волны. Таким образом, была выдвинута гипотеза, что вся Вселенная заполнена невидимым веществом (мировым эфиром). Однако в экспериментах Майкельсона и Морли были получены одинаковые значения скорости света в разных направлениях, что не следовало бы при наличии эфира и результате идея «*всемирного эфира*» отпала. Таким образом, природа света остается загадкой.

Во второй половине XIX века представления об электрическом и магнитном полях расширились, и Дж. Максвелл разработал теорию электромагнитного поля, а позже на основе теоретических и экспериментальных исследований было доказано, что свет также является электромагнитной волной. С философской точки зрения, накопление результатов научных исследований приводит к количественным изменениям, что привело к созданию новой теории - изменению качества. С другой стороны, создание Максвеллом теории электромагнитной волны - электромагнитного поля можно рассматривать с философской точки зрения как применение закона отрицание отрицания. Другой аспект развития этой теории состоит в том, что каждая новая теория, хотя и отрицает предыдущую, сохраняет в ней определенные элементы (симметрию) и диалектическое единство противоречий (асимметрию) [1,2].

Теория электромагнитного поля Максвелла привела к радикальным изменениям в науке и, как следствие, в промышленности. Однако результаты многих экспериментальных исследований, собранных к XX веку (фотоэффект, эффект Комптона, излучение абсолютно черного тела, величина теплоемкости твердых тел при низких температурах и т.д.) не могли быть объяснены с помощью теории Максвелла. На недостатки теории Максвелла указал немецкий физик М. Планк. Планком выдвинута гипотеза, что излучения, поглощаемые абсолютно чёрным

телом и излучаемые при его нагревании, состоят из дискретных (прерывистых) электромагнитных волн вопреки представлениям теории Максвелла. Теоретическое выражение для распределения спектральной плотности такого дискретного излучения полученное Планком хорошо согласуется с экспериментальным распределением. Применение гипотеза Планка для объяснения природы света привело к развитию квантовой теории света. Дискретные порции света позже были названы квантами света или фотонами. На основе этой теории Эйнштейн создал квантовую теорию фотоэффекта, Эйнштейн и Дебай разработали квантовую теорию теплоемкости твердых тел, совместимой с экспериментом. В квантовой теории М. Планка и А. Эйнштейна корпускулярные и волновые свойства света представляют собой диалектическое единство корпускулярно-волнового дуализма. Таким образом, почти двухвековые споры о том, является ли свет потоком частиц (корпускул) или волной, закончились слиянием двух теорий - единством противоположностей. Эта теория смогла объяснить все известные к этому времени физические процессы. Например, при явлениях фотоэффекта и теплового излучения твердых тел проявляется дискретно прерывистые свойства света, при явлениях интерференции, дифракции и дисперсии проявляются свойства непрерывности - целостности т.е. волновые свойства света.

Так же, как корпускулярная природа световой волны не принималась во внимание, долго упускалась из виду возможность того, что микрочастицы могут иметь волновые свойства. В 1924 году Луи де Бройль развивая корпускулярно - волновую теорию, выдвинув гипотезу о том, что «если природа и природные явления имеют тенденцию быть симметричными и световые волны имеют корпускулярную природу, то микрочастицы также должны проявлять волновые свойства»[3]. Идея де Бройля показала существование диалектического единства и симметрии между световой волной и свойствами микрочастиц (материи).



Рис.3. Корпускулярно-волновой дуализм для микрочастиц.

Рассмотрим некоторые аспекты сущности корпускулярно - волнового дуализма. Этот принцип часто объясняют тем, что «*микрочастицы обладают одновременно*

корпускулярными и волновыми свойствами». На наш взгляд, такое определение не совсем точно отражает корпускулярно - волновой дуализм. Потому что оба свойства не могут отображаться

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
РИИЦ (Russia) = 3.939
ESJI (KZ) = 9.035
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

одновременно. Фактически, правильно подчеркнуть, что одна и та же микрочастица проявляет оба свойства, то есть она проявляет корпускулярное свойство в один момент и волновое свойство в другой, в то время как второе свойство находится в потенциальном состоянии. Однако следует отметить, что природа волны Де Бройля, совместимой с микрочастицами, радикально отличается от природы механических и электромагнитных волн. Теоретические исследования показали, что волна Де Бройля состоит из волнового пакета, содержащего несколько волн очень близких частот. В этом случае распространение волны Де Бройля оценивается двумя скоростями: фазовая и групповая скорости [4]. Групповая скорость волнового пакета совпадает со скоростью микрочастицы, фазовая скорость характеризует изменение фазы волны и отличается от групповой скорости. В результате волновой пакет, совместимый с волнами Де Бройля, может претерпеть дисперсию и в вакууме. Это указывает на то, что волна Де Бройля не является электромагнитной по своей природе, в отличие от света, рентгеновских лучей и гамма-лучей. Кроме того, волны Де Бройля, в отличие от механических или электромагнитных волн, имеют статистическую природу и подчиняются законам квантовой статистики. Наблюдения за дифракцией электронов в экспериментах подтвердили гипотезу Луи де Бройля. Из приведенного выше анализа ясно, что при создании любой новой идеи, новой теории действует законы диалектики как единство и борьба противоположностей, отрицания-отрицания и т.д. В процессе развития теории корпускулярно - волнового дуализма накопление результатов экспериментальных исследований представляет с философской точки зрения количественные изменения, а теории, объясняющие эти новые результаты, представляют собой качественные изменения.

Выше мы рассмотрели реализацию диалектических законов в процессе познания на основе философского анализа на примере теории корпускулярно - волнового дуализма. Но на самом деле основной целью является осуществление обратного процесса, то есть добиться правильной интерпретации результатов, полученных в научных исследованиях с физической точки зрения в процессе обучения с использованием законов диалектики. Ограничение диалектического анализа развития физических теорий только изучением взаимосвязи физических явлений и законов диалектики было бы односторонним подходом к данной проблеме. Совершенство исследования физических процессов с философской точки зрения во многом зависит также от анализа философических

категорий и степени изученности взаимосвязи физических и диалектических категорий.

В процессе научного познания философские категории имеют большое методологическое значение для науки и практики. «Философские категории - это способ найти результаты перехода от известного к неизвестному, та как они точно отражают вещи и события внешнего мира и воспринимаются как взаимосвязанные и развивающиеся и поэтому играют роль наиболее распространенного метода познавательного процесса [5]». Однако они не охватывают конкретных связей между природными и социальными явлениями и мышлением. Эти отношения отражены в категориях конкретных наук. Это означает, что из-за обратной связи между философией и конкретными науками необходимо использовать категории конкретных наук для познания наиболее общих законов развития объективных явлений природы. В преподавании физики важно анализировать такие категории, как специфичность и общность, необходимость и случайность, причина и следствие, дискретность и непрерывность, а также прямые и обратные связи между ними. Теория корпускулярно-волнового дуализма воплощает сильную и сложную взаимосвязь между категориями непрерывности и дискретности. Согласно В. Готту: «непрерывность является сохранением качества при количественных изменениях и проявляется в волновых свойствах материи, дискретность - как нарушение непрерывности, как переход новому качеству, является корпускулярным свойством материи» [6,7].

Существование корпускулярно - волнового дуализма в природе являются одной из форм симметрии с диалектической точки зрения. Выполнение законов симметрии в структура микромира и в физических процессах служат важным фактором в гносеологических исследованиях, выражая законы сохранения. Обнаружение на эксперименте позитрона К. Андерсоном (1932 г.), предсказанного П. Дираком (1928 г) привело к решению важнейших проблем, возникающих в развитии современной физики и стало большим открытием в философии. С открытием антипротона в 1955 году созданы законы симметрии относительно частиц и античастиц, например закон зарядовой четности. В связи с этим появилась идея о существовании «зеркального отражения» ранее известного мира, то есть антимира. Отсюда следует, что частицы как электроны, протоны и нейтроны рождаются в паре со своими античастицами и могут перейти на другие формы материи. В частности, при столкновении электрона и позитрона рождаются пара фотонов, а при торможении фотонов в веществе появляется электрон - позитронная пара.

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
РИИЦ (Russia) = 3.939
ESJ (KZ) = 9.035
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

Данное явление, называемое аннигиляцией является одним из философических проблем прошлого столетия, т. к при этом с точки зрения классической физики «нарушается» закон сохранения массы: при столкновении частиц конечной массы исчезает материальность и появляется электромагнитная волна, не имеющая массы покоя. На первый взгляд это противоречит экспериментальному факту сохранения энергии и является одной из важнейших проблем не только физики, но и философии. Открытые явления аннигиляции привело к новому осмыслению взаимосвязи материальной формы и формы поля материи и к пересмотру понятий вещество, масса и энергия, указывая сложности свойств и структуры микрочастиц. Открытые короткоживущих резонансов, виртуальных частиц и кварков, а также определение новых квантовых чисел как изотопический спин, барионный и лептонный заряды, спиральность, странность, цвет, аромат и др. коренным образом изменяют наши взгляды о строении материи и представления о симметрии. При изучении диалектики понятия корпускулярно волнового дуализма важное значение имеет принцип неопределенности, введенный В. Гейзенбергом. С философической точки зрения принцип неопределенности является следствием корпускулярно - волнового дуализма. Данный принцип ставит ограничение понятию траектории движения микрочастиц и тем самым ограничивает точность координаты микрочастиц в пространстве и времени [8,9]. Отсутствие траектории движения микрочастиц совпадает с распространением волны и при взаимодействии со средой наблюдаются явления дифракции и интерференции. С другой стороны принцип неопределенности полностью не игнорирует понятие траектории движения микрочастиц. Когда длина волны, соответствующая импульсу микрочастицы меньше размеров пространство, в котором движется данная частица, имеет место понятие траектории и в определенный момент времени микрочастица занимает определенное состояние. Существование принципа неопределенности требует вероятностно - статистического подхода для объяснения поведения микрочастиц. Отказ от строгой определенности, присущая классической механике трудно воспринимали многие физики, в том числе и А. Эйнштейн - лауреат Нобелевской премии за квантовой теории фотоэффекта. Тем не менее из принципа неопределенности вытекает, что корпускулярно - волновой дуализм имеет место при значениях параметров микрочастиц, сравнимых с постоянной Планка. При объяснении корпускулярно-волнового дуализма на основе принципа неопределенности необходимо упомянуть также принцип дополнения Бора [10].

По принципу дополнения Бора понятия корпускулярности и волны являются взаимоисключающими понятиями, т. е при проявлении одного свойства другая отсутствует и наоборот. С философической точки зрения на этом принципе имеет место разрыв между дискретностью и неразрывностью. В принципе неопределенности Гейзенберга сохраняется единство дискретности и непрерывности. Это показывает диалектическое единство возможности и действительности, случайности и необходимости, т. е единство диалектических категорий. При обучении взаимосвязи физических процессов истолкование определенных явлений как однозначные философические категории является сложной задачей: физическое событие, являющиеся причиной одного события, в свою очередь является следствием другого события, событие, рассматриваемое как единичное, зачастую может быть обобщением множество событий и т.д. Поэтому при углубленном обучении физике необходимо тщательный диалектический анализ каждого физического явления с учетом всех причинно-следственных связей.

Выше проведенный диалектический анализ корпускулярно - волнового дуализма имеет важное значение при обучении атомной и ядерной физике будущих преподавателей физики. Как результат диалектического анализа можно заключить, что в теории познания не существует абстрактной истины, то есть истина всегда конкретна. Наши знания непрерывно углубляются и расширяются, развиваются как объективное отражение движущейся материи. По другому говоря мы осознаем то, что завершённые знания являются совокупностью незавершенных знаний, абсолютные истины являются совокупностью относительных истин. Таким образом мы продвигаемся от незнания к познанию и углубляются наши знания о материи. Обобщенный диалектический анализ конкретных физических закономерностей при обучении философии и обратный процесс - указание диалектических аспектов закономерностей конкретных физических явлений способствуют повышению эффективности обучения и расширению мировоззрений обучаемых студентов одновременной реализацией межпредметной связи. Одним из заключений диалектических анализов является то, что современный процесс развития и новые достижения наук о живой и неживой природы доказывают правильности и жизнеспособности мнений: «природа - краеугольный камень диалектики», «природоведение возрождает диалектику». В системе образования, в том числе в подготовке будущих физиков и преподавателей физики диалектический подход к изучению

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
РИИЦ (Russia) = 3.939
ESJI (KZ) = 9.035
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

конкретных явлений на лекционных, практических, семинарских или кружковых занятиях способствует формированию высокого мировоззрения и профессиональной компетентности. С расширением философического мировоззрения повышаются и

возможности инновационной креативности будущих специалистов. Отсюда вытекает плодотворность тесного сотрудничества физики и философии, а будущее раскрывает всё глубже и глубже значимость данного утверждения.

References:

1. Sachkov, Yu.V. (2003). *Nauchnyy metod: voprosi I razvitiye*. –Moscow: URSS.
2. Sachkov, Yu.V. (1999). *Probabilistic Revolution in the Science (Probability, chance, independence, hierarchy)*. - Moscow: Scientific world.
3. Landsberg, G.S. (2003). *Optika*. Moscow: Fizmatlit.
4. Rasulov, G., et al. (2015). *Kvant mexanikasi asoslari*. Tashkent.
5. Tulenov, J. (2001). *Dialektika nazariyasi*. Tashkent.
6. Gott, V.S. (1988). *Filosofskie voprosi sovremennoy fiziki*. Moscow: Visshaya shkola.
7. Gott, V.S., & Tyuxtin, E.M. (1974). *Filosofskie problem sovremennogo estestvoznaniya*. Moscow: Visshaya shkola.
8. Geyzenberg, V. (1998). *Filosofskie voprosi yadernoy fiziki*. Moscow: Visshaya shkola.
9. Geyzenberg, V. (2006). *Izbrannie filosofskie raboti*. Moscow: Nauka
10. (2019). *Atomnaya fizika i chelovecheskoe poznanie Book on Demand Ltd.* (Russian Edition).