

Copyright © 2014 by Academic Publishing House *Researcher*



Published in the Russian Federation
Zhurnal ministerstva narodnogo prosveshcheniya
Has been issued since 1834.
ISSN: 2409-3378
Vol. 2, No. 2, pp. 108-116, 2014

DOI: 10.13187/issn.2409-3378
www.ejournal18.com



UDC 530.145 (07)

The Problem of Visual Methods Use in the Study of Quantum Theory in Physics Course of Senior School

Sergii I. Tereshchuk

Uman State Pedagogical University named after Pavlo Tychyna, Ukraine
Ph.D. (Pedagogical), Associate professor
20300, Lenin's Iskra st., 21-D, ap. 65, Uman
E-mail: s.i.tereschuk@gmail.com

Abstract

The article is devoted to the methodological features of the principle of visual methods use in the study of Quantum Theory in Physics course of senior school. The methodology and logic of the principle of visual methods use in teaching of Quantum Theory and Theory of Relativity are analyzed. It is shown that introducing of the mentioned principle in the study of Quantum Physics is limited due to the new methodology of Modern Physics. The necessity of the development of methodical system of forming the subject competence in Quantum Physics of senior pupils was grounded.

Keywords: presentation in training; quantum physics; science methodology; subject competence.

Введение

Со времён Я.А. Коменского наглядность считалась одним из главных правил обучения. В основу этого подхода была положена сенсуалистически-материалистическая гносеология, которая основана на известном тезисе эмпириков: "В сознании нет ничего, чего раньше не было дано в ощущении".

Одной из фундаментальных проблем методики обучения квантовой физики является нарушение наглядности как педагогического принципа. Наглядность в дидактике понимается шире, чем зрительное восприятие. Оно включает в себя не только восприятие информации через зрение, но и через моторику и тактильные ощущения: лабораторное оборудование, статические и динамические учебные пособия и тому подобное. Однако, наглядность следует понимать глубже при овладении учениками сложных абстрактных объектов квантовой физики (квант света, электрон, волны де Бройля и др.). Она выступает как элемент мышления, позволяющего связать сложный абстрактный образ или математическую модель с конкретным воображаемым объектом, имеющим соответствующие материальные аналоги. Если наглядность, как дидактический принцип, призван развивать образное мышление, то наглядность как мысленный акт служит средством абстрактно-логического мышления.

Материалы и методы

Данное исследование базируется на научных трудах, посвящённых логико-гносеологическим, психолого-педагогическим и методическим основам формирования физических знаний в учеников средней школы, в которых раскрыты философские, методологические и методические закономерности познавательного процесса в физической науке и изучении физики в школе.

В работе были использованы теоретические методы исследования: сравнительный анализ (сравнение существующих теоретических подходов обучения физике в учебных заведениях на основе анализа научно-методической и психологической литературы); метод структурно-системного анализа методологии физической науки.

Обсуждение

Превалирование в процессе формирования понятий эмпирических обобщений как продукта чувственного опыта, систематизированного под руководством учителя путём "обогащения наблюдений" наибольшего числа различных объектов, предоставило системе школьного физического эксперимента статус инструмента, который функционально является источником чувственного опыта учащихся. Именно поэтому отдельными методистами учебный физический эксперимент определяется как средство наглядности и одновременно как её неотъемлемая часть [1]. Следует, однако, подчеркнуть, – школьный учебный эксперимент должен отражать научный метод изучения физических явлений с соответствующими элементами физического эксперимента, формировать у учащихся представление о современном научном экспериментальном методе исследования природы с адекватными построениями физических теорий, которые изучаются. Ошибочность узкой трактовки функций учебного эксперимента, когда последний в методической системе изучения физики рассматривается исключительно как средство формирования наглядно-образных представлений, т. е. таких, которые формируют чувственный опыт через зрительное восприятие, стала особенно заметной, когда изучение теории относительности, квантовой механики, физики элементарных частиц неизбежно привело к необходимости демонстрации экспериментов, экспериментальных установок, описания опытов и др., которые открывают качественно новую систему явлений, новых объектов исследования, которые не воспринимаются органами чувств человека, а могут быть выявлены только путём регистрации приборами. Очевидно, что понять сложное содержание таких понятий, а затем и начать их формирование с наглядно-образных представлений, приведения аналогий и сравнений с механическими моделями, практически невозможно. Если это удаётся, то скорее приводит к деформациям в содержании понятий и как следствие — образование ложных представлений о физических явлениях, процессах, физических величинах, которые особенно заметны в старшей школе при изучении разделов физики со сложным научно-теоретическим содержанием (МКТ, квантовая механика, СТВ, ядерная физика и др.).

Негативное влияние абсолютизации наглядности в школьном физическом эксперименте стало особенно заметным на фоне "проблемы наглядности" сложных физических понятий, которая является следствием так называемого кризиса "наглядности" физических теорий XX в. Наглядность физической науки, в частности теорий, понятий, законов и наглядность с точки зрения дидактики имеют кроме общих признаков существенные различия. Так, В.П. Бранский указывает, что теория считается наглядной, если с помощью неё удаётся показать (продемонстрировать) какое-нибудь ощущение, которое схоже с ощущением, которое представляет исследуемое явление [2]. Наглядность в дидактике играет роль средства создания чувственного образа, через обобщение которого формируется научное понятие. Поэтому точкой соприкосновения наглядности в физике и наглядности в дидактике физики является описание теории с помощью непосредственных показаний человеческих органов чувств и образованных на их основе чувственных образов через понятие, выступающих обобщением обычного опыта. Указанная точка соприкосновения выступает в методическом аспекте первопричиной такого формирования понятий, которое начинают с чувственно-конкретного образа с последующим переходом к обобщению чувственного опыта. Данный подход в методике обучения физике наиболее полно представлен в работах А.В. Усовой [3]. Все это подтверждает тот факт, что «ненаглядность» новых физических теорий относительно классической физики

впоследствии нашла своё продолжение в методических и методологических проблемах обучения физике, а именно в проблемах наглядности большинства понятий квантовой физики. Истоки этих чисто методических сложностей берут своё начало из содержания самих теорий, возникших вначале прошлого века.

В конце XIX – начале XX вв. в физике возник кризис "наглядности", которая приобрела особую остроту с быстрым развитием квантовой механики и физики высоких энергий. Была провозглашена концепция "ненаглядности" научно-теоретических понятий современной физики, которая считалась методологическим следствием образования квантовой теории света и противоречиями, возникшими между квантовой теорией поля и классической физикой (В. Гейзенберг). Использование любых наглядных представлений, аналогий, метафор стало неким реликтом мышления классической физики [4]. Началом указанного кризиса можно считать выдвижение М. Планком гипотезы о кванте энергии, как кванта наименьшего действия. «Проблема наглядности» ещё больше становится очевидной, когда в 1905 г. Эйнштейн предложил квантовый механизм протекания явления фотоэффекта, что создало предпосылки признания дуалистической природы света (точнее его свойств). В результате этого была утрачена наглядность оптических явлений, а после 1913 г., когда Бор предположил квантовать не только свет, но и атомы, была нарушена наглядность теории строения вещества. Боровская модель атома может быть получена из классических представлений, однако выводы входят с ними в противоречие. В этот период учёными часто использовались мысленные эксперименты, позволившие выяснить важный вопрос или проблему независимо от того, будет ли такой опыт проведения фактически. Однако потеря наглядности квантовой физикой и, как следствие этого, наличие парадоксов не уменьшилось. Так, опыты на интерференцию рассеянного света показывали, что рассеяние происходит вследствие того, что падающая световая волна выбивает из пучка электрон, колеблющийся с той же частотой. Колеблющейся электрон после этого излучает сферическую волну с частотой падающей волны и образует рассеянный свет. В 1923 г. Комптон получил результат разрушивший наглядную картину рассеяния – частота рассеянных рентгеновских лучей оказалась отличной от частоты падающих лучей, что объясняется тем, что рассеяние происходит как столкновение квантов электромагнитного излучения с электроном в соответствии законам сохранения энергии и импульса.

Процесс «изгнания» наглядных представлений продолжил де Бройль, который в 1924 г. попытался распространить дуализм волнового и корпускулярного описания на элементарные частицы. Гипотеза де Бройля подтвердилась экспериментально. Человеческие органы чувств воспринимают волновые и корпускулярные свойства как противоположные – частица занимает определённый объем пространства, а волна равномерно заполняет все пространство; частица движется в определённом направлении, волна распространяется во все стороны; к частице в отличие от волн не применим принцип суперпозиции. Итак, де Бройль объединил свойства, которые чувственно-противоположны и просто не совместимы в наглядном представлении. Впрочем, на этом отказ от наглядности не закончился. Впоследствии оказалось, что волны де Бройля не имеют ничего общего с волнами, которыми привыкли оперировать в классической физике. В 1926 г. М. Борн показал, что волны материальных объектов – частиц, существенно отличаются от механических или электромагнитных волн, поскольку отражают "колебания" вероятности обнаружения частицы в единице объёма пространства.

В 1927 г. Гейзенберг сформулировал принцип неопределённости, ярко продемонстрировавший, что кроме "волн материи" ненаглядными являются также корпускулярные представления о материи, поскольку:

$$\Delta p \cdot \Delta q \geq \frac{h}{2\pi},$$

где Δp - неопределённость импульса частички ;

Δq - неопределённость координаты частички;

h - постоянная Планка.

В макрофизике принято считать, что материальная точка имеет в данный момент времени определённые координату и скорость и, вследствие этого, её движению соответствует определённая траектория. Этот вывод следует из показаний органов чувств

человека, поэтому вполне естественно, что частица которая движется относительно инерциальной системы отсчета, в нашем воображении ассоциируется с траекторией, что является вполне наглядным. Однако, принцип неопределённости Гейзенберга позволяет утверждать, что в микромире частицы не имеют траектории.

Надежды, что в физике макромира, в отличие от квантовой теории, не будет подобных отказов от наглядности не оправдались, поскольку открытие Эйнштейном теории относительности (специальной, а затем и общей), в корне изменило все фундаментальные представления о пространстве и времени. Установленный А. Эйнштейном факт независимости скорости света от движения источника, отменил наглядное представление о зависимости скорости любого физического процесса связанного с переносом энергии от системы отсчёта. СТО окончательно перечеркнула наглядные представления о независимости одновременности, пространственных и временных интервалов и других свойств физических тел от системы отсчёта. В рамках ОТО, А. Эйнштейном было показано, что гравитационное поле имеет связь с пространством-временем и влияет на физические процессы. Свойства физических тел зависят от кривизны пространственно-временного континуума и, следовательно, перемещение тел в пространстве приводит к изменению этих свойств.

Структурно-логический анализ понятий ОТО показал, что новые представления о механизме гравитации имеют противоречия (чисто логическое), которое создаёт «проблему наглядности» объяснения причин гравитационного взаимодействия массивных тел. Рассмотрим этот вопрос подробнее.

Основным понятием общей теории относительности является инвариант – квадрат интервала, который в геометрической интерпретации является элементом длины:

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - (cdt)^2 = const \quad (1)$$

или $ds^2 = g_{ik} dx^i dx^k$, при этом $g_{00} = -1$; $g_{11} = g_{22} = g_{33} = 1$; $g_{ik} = 0$ при $i \neq k$.

Такой вид тензора назвали галилеевским. Переход к неинерциальной системе координат, которая связана с произвольным образом движущейся системой, означает ввод вместо четырехмерных координат новых координат, которые связаны со старыми через произвольные функции:

$$x^{li} = f^i(x^l). \quad (2)$$

Для этого случая: $dx^l = \frac{\partial x^l}{\partial x^{li}} dx^{li}$.

Таким образом, в новой системе координат:

$$ds^2 = g_{ik}^1 dx^{li} dx^{lk} \quad (3)$$

где $g_{ik}^1 = g_{lm} \frac{\partial x^l}{\partial x^{li}} \frac{\partial x^m}{\partial x^{lk}}$ - метрический тензор в новой неинерциальной системе отсчёта [5, 14].

Фундаментальное положение общей теории относительности как теории тяготения заключается в том, что при наличии потенциала гравитационного поля, создаваемого массивными телами, интервал имеет вид:

$$ds^2 = g_{ik}^1 dx^{li} dx^{lk} \quad (4)$$

Здесь следует подчеркнуть, что компоненты симметричного метрического тензора g_{ik}^1 являются функциями, удовлетворяющими уравнениям гравитационного поля, а тензор не сводим к галилеевскому виду.

Как справедливо отмечает В.А. Ацюковский, степень кривизны неевклидова пространства определяется потенциалом притяжения, так как ds геометрически можно интерпретировать как элемент длины в пространстве-времени, что является неевклидовым случаем. Это означает, что тела в таком пространстве движутся вдоль криволинейных траекторий, например, свет будет отклоняться вблизи массивных тел. Отсюда можно сделать вполне логичный вывод: кривизна движения тел и явление притяжения является следствиями кривизны пространства в данной его точке. Если в определённую область пространства внести массивное тело, то в окрестности этого тела пространство-время будет

искривлённым, что и будет создавать потенциал притяжения. Такой механизм описания тяжести не вызывает сомнений в наглядности, однако объяснения массы как меры гравитационного взаимодействия нарушает её. В соответствии с ОТО устанавливается тензорное выражение, описывающее пространство в области действия потенциалов притяжения, из которых следует свойство кривизны пространства-времени, а с этой кривизны объясняется, что тяготение является следствием этой же кривизны. Так что такое объяснение не соответствует представлениям "здорового смысла" в контексте локковской философии и лишено смысла относительно обыденного сознания, поэтому не может быть воспринятым на основе чувственного опыта. Следует отметить, что это вовсе не означает ошибочность самой теории, которая внутренне самодостаточна и логически завершённая.

Проведённый анализ позволяет сделать ещё один вывод: ОТО даёт чёткий ответ, почему попытки Ньютона, Эйлера и др. раскрыть механизм протекания гравитации (точнее действия гравитационного поля) не имели успеха. Ответ очевиден - все модели опирались на наглядные представления (например, на концепцию эфира), однако "структура" гравитационного поля оказалась лишённой наглядности.

Проведённый анализ развития квантовой теории и теории относительности, показал, что разрушение наглядных представлений имеет явную симметрию – обе теории практически на самых важных этапах своего развития кардинально отошли от классических представлений. Поэтому можем сделать вывод, что современная физическая теория вообще лишена наглядности, что является её характерной особенностью по сравнению с классическими теориями. Отсутствие наглядности, как характерная особенность новых теорий, имеет достаточно глубокие методологические корни, что, разумеется, находит своё отражение в дидактических проблемах наглядности, как инструмента образования чувственной ткани из которой образуется понятие. Формирование понятий в вербальной форме логического определения через обобщение многочисленных данных наблюдений в соответствии с эмпирическим подходом здесь просто невозможно, поскольку оно вынесено за пределы теории не как методический подход, а как генетически отвергнутый метод познания в процессе создания этих теорий. «Проблема наглядности» физических теорий таким образом порождает ряд других проблем, связанных с методическими особенностями использования наглядности как дидактической категории. Следует подчеркнуть, что «ненаглядность» современной физики не должна накладывать запрет на использование дидактической наглядности в процессе изучения физики. В пользу этого тезиса можно привести по меньшей мере один аргумент. Между усвоением понятий учениками и познавательным процессом, как научным познанием, несмотря на некоторое сходство, есть существенное отличие. Ведь содержательно учебный процесс требует от понятий, которые должны быть усвоены учениками, не только логической структуры и научного содержания, но и учёта функционирования личностного знания. Это вызвано ещё и тем, что процессуально научное знание и усваиваемые учениками сведения призваны решать различные задачи – познавательные для учеников и исследовательские для учёных.

Общеизвестно, что физическая теория кроме познавательных функций объяснения, систематизации, предсказания выполняет также функцию описания, что позволяет говорить о её наглядности *arguōi*. Впрочем, это вовсе не означает, что квантовая теория и теория относительности лишены функции описания, скорее наоборот – описательный аппарат каждой из них имеет несравненно более высокий уровень абстракции и, следовательно, более сложные формы математического и вербального отражения.

Для решения вышеизложенных проблем формирования понятий квантовой оптики, теории относительности, физики элементарных частиц в школьном курсе физики, недостаточно разработать методические подходы, которые призваны лишь локально корректировать некоторые особенности преподавания указанных сведений. Поэтому нами была предложена соответствующая методическая система, которая базируется на концептуальных положениях, в основу которых положены идеи содержательного обобщения и которые будут учитывать не только методические и методологические особенности формирования фундаментальных понятий квантовой физики, но и отражать современные научные представления таких фундаментальных понятий как масса и энергия в контексте квантовой теории поля. Вместе с тем, предлагаемая методическая система

должна соответствовать новейшим достижениям педагогической мысли и представлять современные инновационные технологии обучения.

Среди важных факторов, повлекших обострение проблемы наглядности квантовой теории, есть новая (по сравнению с классической физикой) методология её исследований. Аппроксимация методологических подходов физической науки на учебный процесс в адекватной ему форме, всегда позволяла показать в общем виде основные научные методы исследования явлений природы. Школьный курс физики представляет собой целостную систему, состоящую из отдельных структурных элементов эмпирического и теоретического знания, которые находятся в динамическом диалектической взаимосвязи (А.И. Ляшенко [6]). Усвоение учеником теоретических знаний зависит не только от ознакомления с отдельными методами (идеализация, моделирование, аналогия и т.д.), но и от овладения целостной физической теорией [6]. С.И. Вавилов указывал на три группы методов построения физической теории: метод принципов, метод модельной гипотезы и метод математической гипотезы [7, с. 156]. Как уже ранее отмечалось, метод модельной гипотезы наиболее близок к гносеологическому циклу общественно-исторического процесса научного познания физики: научные факты – проблемы – гипотезы – теоретические выводы, практическое применение теории [7, с.64-65].

Пока изучаются вопросы, которые исторически относятся к классической физике, этот подход вполне себя оправдывает. В классической физике ход исследований предусматривал следующую последовательность. Сначала создавалась теоретическая модель, как гипотетическая конструкция, которая содержала существенные свойства изучаемого объекта. Затем выяснялись связи между физическими величинами в виде математического уравнения. Найденные уравнения получали адекватную интерпретацию относительно эмпирических данных. Подавляющее большинство классических и полуклассических теорий (например, боровская теория строения атома водорода) разрабатывались именно по такой логике:

1. Выявление и накопления экспериментальных фактов, которые не укладываются ни в одну из известных теорий.
2. Выдвижение гипотезы с помощью которой можно объяснить новые факты.
3. Уточнение гипотезы и оформления математических уравнений, которые отражают положения новой теории.
4. Получение последствий из положений новой теории.
5. Экспериментальная проверка этих последствий [9, с.36].

Как видно из приведённой схемы, процесс создания новой теории начинается и завершается фактами, полученными из эксперимента. В школьном курсе физики усвоение приведённой методологической схемы возможно при изучении классической механики Ньютона, теории всемирного тяготения, молекулярно-кинетической теории идеального газа, теории электромагнитного поля, специальной теории относительности.

Существует другое видение гносеологического цикла познания, предусматривающее практическое применение научного знания (И. Йорданов, А.И. Ляшенко). В этом случае теоретическое знание становится объектом изучения через научно-техническое применение (технологическое знание) и научно-практическое применение (новые знания и алгоритмы деятельности) [6, С.17-19].

А.И. Ляшенко цикл научного познания представляет в виде четырёх фаз и соответствующих функциональных форм знания: фаза целенаправленного научного наблюдения (эмпирическое знание); фаза теоретико-логического обобщения (теоретическое знание); научно-техническое применение (техничко-технологическое знание); фаза научно-практического применения (новые знания и алгоритмы деятельности) [6, с.17].

С развитием квантовой теории было введено кардинально новую методологию научных исследований. Главной причиной этого является новый тип изучаемого объекта, который не похож на объекты классической физики. Общая картина исследуемой реальности требовалась учёным для того, чтобы определить стратегию теоретического поиска. Становление и развитие квантовой механики в направлении отличном от классического, заставил учёных осуществить поворот к новому способу построения научной картины мира [10]. Наиболее заметную роль в осуществлении этого преобразования сыграл Нильс Бор. Подход, предложенный этим учёным, заключался в том, что вместо выдвижения

гипотетических представлений о механизме явлений, которые затем можно было бы переформулировать и конкретизировать как теоретические гипотезы и экспериментально проверить, предлагалось осуществить анализ схем измерения, который позволит выявить теоретическую модель, раскрывающую соответствующую структуру природы. Характерной особенностью этого подхода является изменение направления теоретического исследования: сначала для объяснения количественных зависимостей подбирается из смежных отраслей науки уравнения, по мнению исследователя подходящее для данного случая. Уравнения интуитивно видоизменяют, обобщая так, чтобы получить новые соотношения, которые будут отвечать новым эмпирическим данным. В этом заключается метод математической гипотезы (экстраполяции) – подбор математического уравнения, его изменение в соответствии с гипотетическими предположениями исследователя, и заключительная стадия – содержательная интерпретация полученного уравнения в терминах разрабатываемой теории. Именно метод математической гипотезы позволил открыть основные законы квантовой механики. Причём применение математической гипотезы не всегда приводит к одинаковому описанию объекта, даже если учёные придерживаются единой точки зрения относительно его физической природы. Например, Э. Шредингер для описания движения элементарных частиц за основное уравнение взял волновое уравнение классической физики, но дал иную интерпретацию его членов (волновой вариант квантовой механики). В. Гейзенберг за основу взял канонические уравнения Гамильтона из классической механики, сохранив их математическую форму, но ввёл в эти уравнения новый тип величин – матрицы (матричный вариант квантовой механики).

Следует отдельно подчеркнуть, что применение математической гипотезы не означает отсутствие её эмпирической интерпретации, а лишь изменение последовательности построения уравнений, которые затем экспериментально проверяют. В классической физике сначала создавалась теоретико-гипотетическая модель, на её основе математическая модель, которая в виде математических уравнений подлежала экспериментальной проверке. В современной физике этот процесс происходит наоборот: применяя экстраполяцию, создают математические уравнения ещё до построения правил соответствия, связывающих величины, входящие в эти уравнения, с объектами эксперимента.

При таком подходе процесс фактологического описания объекта как наглядного образа заменяется новой процедурой, которая собственно тоже есть описанием, но в форме абстрактно-логических высказываний и утверждений. Научно-теоретическое обобщение, формализованное в виде математических уравнений, формул, законов, позволило в конце концов заменить "наглядность" на "описание". В научно-методической и философской литературе эти термины довольно часто употребляют как синонимы, и это представляется оправданным, пока речь идёт о методах научных исследований в физике. Процедура описания действительно позволяет представлять и осуществлять операции математического моделирования над довольно широким классом объектов (системой объектов): квантово-механическое описание состояния системы, аналитическое описание механического движения материальной точки, табличный способ описания результатов эксперимента и тому подобное. Однако, в познавательном процессе указанная замена только разрушает возможность применения наглядности как дидактического инструментария формирования научных понятий. Восстановить наглядность возможно лишь при условии изменения логики построения квантовой теории, что не входит в задачи методики физики, а потому выполнить такую задачу не удастся, если опираться только на методологию методической науки как отрасли педагогики. Лишь в тех вопросах, где исследования учёных опирались на методологию классической физики, возможно использование принципа наглядности, например, при изучении сведений о модели атома Бора.

Заключение

Таким образом, необходимо изменить направление решаемой проблемы и сконцентрироваться не на проблеме наглядности изучаемых квантовых объектов, а на формировании у учащихся ценностного отношения к полученным знаниям об этих объектах. Такое смещение акцентов позволит реализовать изучение теоретических знаний

на уровне их практического применения (фаза научно-практического применения), и как результат - добиться социальной и личностной значимости новых знаний для учащихся. В то же время это позволит формировать предметную компетентность старшеклассников по квантовой физике. Следовательно, компетентностный подход позволит решить сложную методико-методологическую проблему изучения квантовой теории, а с другой стороны, из-за разного содержания компетенций, удастся более чётко реализовать профильную дифференциацию в обучении квантовой физики.

Примечания:

1. Величко С.П. Вивчення основ квантової фізики: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / С.П. Величко, Л.Д. Костенко. Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В.Винниченка, 2002. 274 с.
2. Бранский В.П. Философское значение «проблемы наглядности» в современной физике. / В.П. Бранский. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. 192 с.
3. Усова А.В. Формирование у школьников научных понятий в процессе обучения / А.В. Усова. М.: Педагогика, 1986. 176 с.
4. Шодиев Д.Ш. Мысленный эксперимент в преподавании физики: кн. для учителя / Д. Шодиев. М.: Просвещение, 1987. 94 с.
5. Ацюковский В.А. Логические и экспериментальные основы теории относительности: Аналитический обзор / В.А. Ацюковский. М.: Изд-во МПИ, 1990. 56 с.
6. Ляшенко О.І. Формування фізичного знання в учнів середньої школи: Логіко-дидактичні основи / О.І. Ляшенко. К.: Генеза, 1996. 128 с.
7. Вавилов С.И. Собр. соч. Т.3. Работы по философии и истории естествознания / С.И. Вавилов. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 871 с.
8. Основы методики преподавания физики в средней школе / Под ред. А.В.Перышкина, В.Г.Разумовского, Ф.А.Фабриканта. М.: Просвещение, 1984. 398 с.
9. Голин Г.М. Вопросы методологии физики в курсе средней школы: Кн. для учителя / Г.М. Голин. М.: Просвещение, 1987. 127 с.
10. Степин В.С. Теоретическое знание / В.С. Степин. Москва: Изд-во «Прогресс-Традиция», 1999. 390 с.

References:

1. Velychko S.P. Vyvchennya osnov kvantovoyi fizyky: Navchal'nyy posibnyk dlya studentiv vyshchyykh navchal'nykh zakladiv / S.P. Velychko, L.D. Kostenko. Kirovohrad: RVTs KDPU im. V.Vynnychenka, 2002. 274 s.
2. Branskiy V.P. Filosofskoe znachenie «problemy naglyadnosti» v sovremennoy fizike. / V.P. Branskiy. M.: Knizhnyy dom «LIBROKOM», 2010. 192 s.
3. Usova A.V. Formirovanie u shkol'nikov nauchnykh ponyatyy v protsesse obucheniya / A.V. Usova. M.: Pedagogika, 1986. 176 s.
4. Shodiev D.Sh. Myslennyy eksperiment v prepodavanii fiziki: kn. dlya uchitelya / D. Shodiev. M.: Prosveshchenie, 1987. 94 s.
5. Atsyukovskiy V.A. Logicheskie i eksperimental'nye osnovy teorii otnositl'enosti: Analiticheskyy obzor / V.A. Atsyukovskiy. M.: Izd-vo MPI, 1990. 56 s.
6. Lyashenko O.I. Formuvannya fizychnoho znannya v uchniv seredn'oyi shkoly: Lohiko-dydaktychni osnovy / O.I. Lyashenko. K.: Heneza, 1996. 128 s.
7. Vavilov S.I. Sobr. soch. T.3. Raboty po filosofii i istorii estestvoznaniya / S.I. Vavilov. M.: Izd-vo AN SSSR, 1956. 871 s.
8. Osnovy metodiki prepodavaniya fiziki v sredney shkole / Pod red. A.V.Peryshkina, V.G.Razumovskogo, F.A.Fabrikanta. M.: Prosveshchenie, 1984. 398 s.
9. Golin G.M. Voprosy metodologii fiziki v kurse sredney shkoly: Kn. dlya uchitelya / G.M. Golin. M.: Prosveshchenie, 1987. 127 s.
10. Stepin V.S. Teoreticheskoe znanie / V.S. Stepin. Moskva: Izd-vo «Progress-Traditsiya», 1999. 390 s.

УДК 530.145 (07)

**Проблема наглядности при изучении квантовой теории
в курсе физики старшей школы**

Сергей Иванович Терещук

Уманский государственный педагогический университет
имени Павла Тычины, Украина
Кандидат педагогических наук, доцент
20300, ул. Ленинской Искры, 21-Д, кв. 65, Умань
E-mail: s.i.tereschuk@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена методическим особенностям применения принципа наглядности при изучении квантовой теории в курсе физики старшей школы. Проанализированы методика и логика применения принципа наглядности в преподавании квантовой теории и теории относительности. Показано, что внедрение указанного принципа при изучении квантовой физики имеет ограниченный характер, вследствие новой методологии современной физики. Обоснована необходимость разработки методической системы формирования предметной компетентности старшеклассников по квантовой физике.

Ключевые слова: наглядность в обучении; квантовая физика; методология науки; предметная компетентность.