

P. B. МОРЗАБАЕВА

## МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ СОДЕРЖАТЕЛЬНОЙ ИННОВАЦИИ В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ КАК ЭЛЕМЕНТ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ГРАМОТНОСТИ УЧИТЕЛЯ

Умение работать в условиях неопределенности и риска, которое подразумевает владение навыками инновационной деятельности в обучении физике, определяет инновационную деятельность как элемент функциональной грамотности учителя физики.

В исследовании *система обучения физике* (в школе или вузе) рассматривается как открытая система, которая способна постоянно обмениваться информацией с окружающей средой. В системе обучения физике Республики Казахстан выделяем три иерархических уровня [1], которые отвечают его реальным, явным и скрытым, формам существования.

Первый уровень - физики как учебного предмета (макро-уровень) - воплощен в его конкретном содержании в учебных документах: Госстандарте, в типовых и альтернативных программах. Это общая для Республики характеристика системы обучения физике.

Второй уровень - уровень стандартных технологий обучения физике (мезо-уровень) - это научно-обоснованная модель деятельности обучаемого, обучающего и их взаимодействия с полем физической информации, которая использует современное содержание, методы и средства обучения физике, структурированные таким образом, чтобы обеспечить гарантированное достижение целей обучения с оптимальными затратами сил и средств. Стандартные технологии в системе обучения физике представляют собой учебники, учебные пособия и учебно-методические комплексы.

Третий уровень реализует и воплощает первые два уровня реальном процессе. Это микроМакроуровень - уровень технологий обучения физике как реального процесса.

Кроме того, система обучения физике включает еще один уровень - теоретический (мега-уровень) - *теорию и методику обучения физике*, который носит характерные черты отдельного государства лишь отчасти, и является общеначальным уровнем (мега-уровень).

Рождение новой технологии обучения как подсистемы системы обучения физике связано с

изменениями ее отдельных элементов, которые назовем соответствующими инновациями. Изменение целей обучения – *целевыми инновациями*; содержания обучения – *содержательными инновациями*; методики обучения – *методическими инновациями*; методики контроля – *инновациями в контроле обучения*; методики организации индивидуальной учебной деятельности и формы обучения – *организационными инновациями*.

Деятельность обучающих при формировании содержательного компонента инновационной технологии обучения физике включает в себя целый ряд методических задач:

- 1) установление роли и места содержания учебной дисциплины в физической картине мира (ФКМ) - цель;
- 2) определение структуры знаний по дисциплине;
- 3) анализ имеющейся учебной литературы, оценка соответствия определенной ранее структуре знаний, выявление готовых сформированных элементов структуры;

4) синтез учебного материала, позволяющего достичь цели обучения;

5) разработка учебно-методических комплексов по формированию у обучающихся умений и навыков, соответствующих цели изучения дисциплины.

Для того чтобы детализировать рассмотренный комплекс методических задач и способы их решения, в качестве примера остановимся на конкретном разделе физики, на содержании которого можно было бы проиллюстрировать преемственность школьного и вузовского курсов. В качестве такого курса была выбрана *линейная оптика*.

Качество содержательной инновации и ее жизнь (выходные параметры новой технологии обучения физике) как отклика на воздействие среды (изменение социального заказа средней и высшей школе) во многом будет зависеть от формы и методов определения входных параметров выделенной подсистемы.

Входными параметрами при формировании содержательной инновации в обучении линейной оптике будут:

1) социальный заказ, согласно которому, во-первых, должно быть уменьшено учебное время на освоение содержания обучения физике, во-вторых, оно должно способствовать формированию нелинейного мышления;

2) логика и содержание линейной оптики как раздела науки;

3) дидактические и методические законы и закономерности.

Методика формирования содержательной инновации в изучении линейной оптики строится на последовательном применении *принципа систематического устранения возникающих противоречий*.

Методика включает ряд этапов:

1) определение роли и места линейной оптики в ФКМ;

2) определение методологии введения понятий линейной оптики

3) структурирование учебного материала по линейной оптике;

4) формализация содержания курса линейной оптики в различных методических системах среднего и высшего образования;

5) синтез содержательного компонента технологии обучения линейной оптике в высшей и средней школе.

На первом этапе выявляется методологическая структура оптики и линейной оптики, как раздела науки, устанавливается генетическая связь разделов и подразделов линейной оптики с практическим применением

От качества определения методологии введения физических понятий в конечном итоге зависит качество обучения. На этом этапе необходимо учитывать известные законы и методические закономерности, включая те, что были выявлены в ходе нашего исследования:

- логика учебного предмета не должна противоречить логике науки;

- первые, сформированные у обучающихся физические понятия становятся той основой, на которой строятся последующие представления человека о физических процессах и явлениях в окружающем мире;

- если изучение природы света начинать с формирования лучевых представлений, то это способствует формированию прямолинейного мышления;

- разнесенное в пространстве и во времени изложение представлений о природе света увеличивает количество единиц усвоения: лучевые представления отдельно, волновые - отдельно, квантовые - отдельно, корпускулярно-волновой дуализм света отдельно;

- физическое понятие, которое формируется на различных ступенях непрерывного образования должно быть современным и физически непротиворечивым, отличающимся только уровнем усвоения: средняя школа - понятийный уровень, высшая школа - доказательный уровень.

Выявленные закономерности показывают что, от того, когда и как будет введено первое понятие о природе света, фактически зависит характер восприятия видимого мира человеком (учет социального заказа).

Анализ учебников и программ по физике для средней школы показывает, что самым первым понятием о свете, которое дается в школе, является лучевое представление. В результате формируется прямолинейное мышление, от которого весьма не просто избавиться на протяжении всей последующей жизни. Хотя позже и формируются и волновые и корпускулярные представления и представления о корпускулярно - волновом дуализме света, но все эти понятия не коррелируют с уже сформированным понятием - свет есть лучи, которые распространяются прямолинейно. Таким образом, природа света в существующих методических системах не является единой дидактической единицей усвоения. Границы применимости законов геометрической оптики также невозможно объяснить без опоры на волновые представления, а иначе они принимаются как аксиома.

Разрешением этого противоречия может быть уход от традиционного включения элементов геометрической оптики в содержание учебников 7 или 8 класса, пока не будет рассмотрена волновая природа света. И, тем более, неприемлемо рассматривать раздел геометрической оптики (как предельный случай волновой) раньше волновой в вузах.

Следуя выявленным закономерностям и используя метод укрупнения дидактических единиц усвоения, устанавливаем, что современное представление о природе света необходимо сформировать до начала изучения оптических явлений.

## Опорный конспект введения в курс оптики в вузе

Экспериментальные данные и трудности использования теории	Ученые, преодолевшие эти трудности	Природа света по их теории	Современный раздел оптики	Границы применимости
Зажигательные стекла, прямолинейное распространение света, преломление и отражение света. Что есть свет?	Емпедокл (5 в. до н.э.), Евклид (3 в. до н.э.)	Свет есть лучи.	Лучевая или геометрическая оптика	$\lambda \rightarrow 0$
Закон преломления света. Принцип наименьшего времени.	Снеллиус (16-17 в.), Ферма (17 в.)	Свет есть лучи.		
Разноцветная окраска тонких пленок. Наличие света в области геометрической тени.	Гук (17 в.), Бойль (17 в.)	Свет есть волны.		
Белый свет состоит из отдельных цветов	Ньютона (17-18 вв.)	Свет есть корпускулы.		
Явления интерференции и дифракции	Гюйгенс (17 в.), Френель (18-19 вв.)	Свет есть волны.		
Электромагнитная теория	Максвелл (19 в.)	Свет есть электромагнитные волны.	Волновая оптика	$l_{\text{коэ}} \gg d ;$ $\sim d$
Излучение света, фотоэффект, квантовая теория	Планк (19-20 вв.), Эйнштейн (19-20 вв.)	Свет есть кванты.	Квантовая оптика	$\epsilon = h\nu,$ $p = h/\lambda$
Изобретение лазеров Басов, Прохоров, Таунес (20 в.)	Хохлов, Ахматов, Бломберген (20 в.)	Свет способен взаимодействовать с веществом среды.	Нелинейная оптика	$E_a \sim E_{\text{света}}$

В таблице приведен опорный конспект введения в курс оптики в вузе. Его использование позволяет уже в начале изучения курса обозначить круг явлений, подтверждающий те или иные свойства света, а затем, в ходе изучения самого курса, идет их детальное рассмотрение. При этом детали уже не могут повлиять на формирование целостного представления о природе света, они лишь ограничивают его. Такое «Введение», кроме того, позволяет сделать изучение линейной оптики проблемным.

На третьем этапе создается структура минимальных знаний (Госстандарт) по линейной оптике, обязательных к усвоению в вузе (поскольку именно на этом уровне содержание курса должно быть наиболее полным). На этом этапе необходимо проследить, чтобы все основные структурные элементы линейной оптики как науки нашли свое отражение в системе минимальных знаний. Далее разрабатывается программа курса, в которой дается детализация основных разделов Госстандарта и одновременно учитывается генетическая связь разделов и подразделов линейной оптики. При этом авторские программы в отличие от типовых имеют «личностную окраску» - личностное отношение к структуре

курса, которое выражается в очередности, детализации и объеме подачи материала учебного курса.

На четвертом этапе фактически происходит диалог авторского видения процессов и явлений линейной оптики, изложенного в различных учебниках и учебных пособиях с видением разработчика содержательной инновации новой технологии обучения. Чаще всего на этом этапе определяется: есть или нет учебная информация, соответствующая отдельным вопросам программы в том или ином источнике. Поэтому на этом этапе можно использовать метод формального представления содержания и методической системы различных авторов. Использование этого метода значительно упрощает анализ учебников и учебных пособий.

Сравнение методических систем (учебники и программы) покажем на примере формирования понятий и представлений линейной оптики, которые находят отражение и в школьных и в вузовских учебниках и программах. Использование именно этого раздела позволяет: с одной стороны достаточно полно продемонстрировать решение ряда методических задач по формированию

учебного материала и в школьном и в вузовском курсах физики:

- определение границ и объема знаний по физике в профильной и основной средней школе, в среднем специальном и высшем образовании;
  - определение преемственности между школьной и вузовской физикой;
  - выявление оптимальных учебных пособий, программ и технологий;
  - определение характера и объема инновационной деятельности учителя физики.

С другой – легко формализовать представления о различных методических системах.

Наиболее полно содержание физики как науки должно быть отражено в вузовском содержании обучения и на понятийном уровне - в школьном.

В связи с этим целью изучения курса оптики в школе и вузе является сформированность целого ряда понятий и представлений. Каждое из которых формируется при изучении соответствующего раздела линейной оптики, определяя логику подачи материала в идеальном учебнике (темные «пузырьки» на рисунке 1): 1 – Историческое развитие и современное представление о природе света; 2 - Фотометрия; 3 - Интерференция света; 4 -Дифракция света; 5 - Геометрическая оптика; 6 - Поляризация света; 7 - Дисперсия, поглощение и рассеяние света; 8 - Релятивистские эффекты в оптике.

Логика подачи материала, например, в методической системе С.А. Ахманова, обозначена на рисунке расположением светлых пузырьков относительно темных (идеальный учебник).

Поскольку при фрагментарной подаче учебного материала различных разделов оптики



Логика изложения раздела оптика в идеальном учебнике (темные пузырьки) и в учебном пособие С. А. Ахманова (светлые пузырьки)

происходит «кусочно-полосатое» усвоение содержания всего раздела и появляются заметные пробелы в формировании соответствующих компонентов ФКМ, видим, что за основу построения курса брать этот учебник нельзя.

5) Следующий этап – разработка курса лекций, УМК, учебника или учебного пособия. На этом этапе детализируются основные положения программы с учетом генетических связей разделов и подразделов линейной оптики с практическим применением с помощью авторского видеонаглядности структуры и содержания знаний по линейной оптике и методики его обучения. В этом суть противоречия между возможностью использования материала готового учебника и необходимостью написания собственных лекций. Возникает это противоречие из-за того, что обучающий, с одной стороны, не создает новые физические знания, а, с другой - как творческая личность должен представить в процессе обучения не только свое личное представление об изучаемых процессах, но и убедить обучающихся в целостности и научности этих представлений.

Оптика – это, в первую очередь, наука о зрительных восприятиях. Однако целый ряд авторов учебников и учебных пособий по оптике не включают в их содержание рассмотрение задачи о механизме зрения, относя ее к компетенции физиологии, или приводя не совсем корректное ее решение на основе представлений о принципе работы глаза как фотоаппарата. В авторской концепции изложения курса оптики в средней и высшей школе легко выстраивается логическая цепочка: установление современного представления о природе света → указание причин необходимости вооружения человеческого глаза и рассмотрение различных оптических теорий → электромагнитная теория света → описание взаимодействия световых волн между собой и с препятствиями → дифракционная и геометрическая теория изображений → взаимодействие света с изотропными и анизотропными средами.

Покажем примеры формирования некоторых понятий и представлений геометрической оптики в средней и высшей школе.

Для того, чтобы наглядно продемонстрировать взаимосвязь волновых и лучевых представлений о свете, границы применимости последних, логично начать изложение учебного

материала по геометрической оптике с представления о дифракционной природе изображения.

Этот материал можно связать с решением задачи о пространственном распределении интенсивности вблизи фокуса [2] и наглядно интерпретировать изображением дифракционной картины от одномерной дифракционной решетки. Далее привести примеры практического применения изложенных представлений в оптической обработке информации об объектах и новом решении задачи о механизме зрения. Согласно информации о размерах и оптических характеристиках человеческого глаза, приведенных в таблице Гульстранда, на сетчатку приходится фокус оптической системы глаза. С другой стороны дифракционный характер изображения дает, что в фокальной плоскости любой оптической системы информация об объекте преобразуется в оптический фурье образ этого объекта, не подобный самому объекту. На основе этих представлений задача о механизме зрения может иметь новое решение: *на сетчатке формируется не перевернутое изображение объекта, а его оптический фурье-образ – некоторая дифракционная картина с перераспределенной интенсивностью, являющаяся результатом интерференции дифрагировавших на объекте лучей [3].*

Далее необходимо сделать вывод об отсутствии необходимости при построении изображений использовать весь набор дифрагировавших лучей, достаточно найти точку пересечения двух или трех из них. Выбор этих лучей может быть произвольным, но эмпирическим путем установлен набор характеристических лучей, удобных при построении. Тем самым определяются границы применимости геометрической теории формирования изображений.

И только после этого логичным будет рассмотрение законов, на которые эта теория опирается, определить границы их применимости, и ввести понятие о геометрической природе изображения на границах различной конфигурации. Геометрическая теория формирования изображений фактически опирается на четыре основных

метода построения изображений: графический, аналитический и два приближенных: приближение параксиальной оптики и метод оценочного построения изображений.

В базовом курсе средней школы логика изложения материала также не должна быть нарушена, однако дифракционную природу изображений необходимо излагать, опираясь только на результаты демонстрационного эксперимента с дифракционной решеткой, о геометрических методах построения изображений дать только понятие и метод оценочного построения изображений рассмотреть подробно. Также рекомендуется использовать модельные эксперименты для формирования наглядных представлений и формирования исследовательских навыков у учащихся.

## ЛИТЕРАТУРА

- Морзабаева Р.Б. Мотивы активности педагогов как управляющие параметры инноваций в обучении физике // Физика в школе и вузе: межд. Сб. научных статей. СПб.: РГПУ им. А. И. Герцена, 2006. Вып. 4. С. 15-20.
- Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, 1973.
- Морзабаева Р.Б., Морзабаев В.А. Исследование решений задачи о механизме зрения и их приложений методом моделирования // Вестник ЕНУ. Астана, 1998. № 2. С. 105-108.

## Резюме

Инновация теориясының негізінде келешек физика мұгалімдерінің функционалдық сауаттылығының элементі ретінде мағыналы инновацияны құрастыру әдістемесі қарастырылған. Сызықты оптика мысалында, қалай мектеп – ЖОО физикалық білім берудің өртүрлі деңгейлерінде физиканың үғымдарының және түсініктерінің сабактастырын жүзеге асыруға болатыны көрсетілген.

## Summary

In work in the basis of the theory of innovations is considered a technique of formation of a substantial innovation as element of functional literacy of the future teachers of physics. On an example to linear optics it is shown, how it is possible to realize continuity of formed concepts and physics representations at various levels of physical formation: school – high school.

УДК 372.8, 371.124:53

Евразийский университет  
им. Гумилева

Поступила 10.06.08г.