

**МОДЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ НАУЧНЫХ ПОНЯТИЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ**

Рассмотрено влияние всех разновидностей учебного эксперимента (натурного, модельного и мысленного) на процесс формирования научных понятий при обучении физике в средней школе. Установлено, что наиболее эффективным средством формирования физических понятий является модельный эксперимент. Выявлены психолого-дидактические функции модельного эксперимента, используемого в качестве средства формирования понятийного аппарата. Определены требования, которыми рекомендуется руководствоваться при разработке новых модельных опытов или отборе наиболее эффективных из числа уже имеющихся модельных опытов.

**Ключевые слова:** обучение физике, физические понятия, модельный эксперимент.

**Введение.** Общеобразовательная школа переходит на новое содержание образования. Новые программы и учебники важны не только потому, что содержат обновленный материал. Они важны, главным образом, потому, что содержат научные знания более высокого уровня обобщения и ориентируют на развитие не только интеллекта школьника, но и его личности. Это требует от учащихся понимания общих принципов, лежащих в основе законов, более глубокого анализа фактов и явлений, осознания внутренних связей и отношений между ними. Учащийся должен владеть такими универсальными знаниями, которые позволили бы ему постоянно приобретать другие знания. Универсальными могут быть общие принципы и закономерности, понятия высокой степени обобщения, а также методы нахождения и выбора способа решения проблем.

Применительно к процессу обучения физике к универсальным знаниям, в первую очередь, следует отнести систему физических понятий, которые по существу составляют основное содержание школьного курса физики. Недаром школьную физику часто называют понятийной физикой. Такое толкование содержания школьного предмета метко подмечает одну из важных задач физического образования — помочь школьнику представить и описать физическую картину окружающего мира в основных понятиях физической науки. Если учащийся сумел освоить физику в таком виде, то можно смело считать, что он получил достойное физическое образование. Само собой разумеется, что знания по физике не ограничиваются одними физическими понятиями. В этом ряду кроме понятий, безусловно, находятся и факты, и явления, и законы, и теории, и методы науки. И, тем не менее, даже не нормируя эти структурные элементы физического знания, можно с полной уверенностью утверждать, что физические понятия составляют основу основ, фундамент физического образования. Только овладев этим языком науки можно в дальнейшем всерьез говорить о постижении физических законов и теорий, о становлении и развитии мышления, которое принято называть физическим.

**Постановка проблемы.** В настоящее время единого универсального способа формирования физических понятий нет. В процессе обучения физике используются различные методические приемы для формирования понятий, которые отличаются по содержанию, объему, специфике, сложности и т.д. Выбор методики обусловлен многочисленными педагогическими факторами. В одних случаях рекомендуется начинать изучение понятия с предметных действий, в других — с чувственного восприятия, в-третьих — с определения. Но при всем разнообразии существующих способов они имеют одну общую особенность: прямую или косвенную связь с результатами чувственно-конкретного восприятия. В связи с вышеуказанным наиболее перспективным и эффективным средством формирования понятий считается учебный физический эксперимент, который по своей сути является основным источником

чувственно воспринимаемой информации. Однако сразу следует отметить, что хотя положение о необходимости формирования физических понятий, прежде всего, на экспериментальной основе признается одним из ведущих методологических принципов обучения физике, трактуется оно иногда односторонне и декларативно, лишь как простое требование использования всех видов эксперимента в обучении физике. Находясь в плену общепринятой классификации учебного эксперимента по организационному признаку, традиционная методика пытается без особых успехов исследовать роль демонстрационных опытов, лабораторных работ, фронтальных опытов, работ физического практикума и т.п. в формировании физических понятий. Безуспешно потому, что все эти виды эксперимента в содержательном плане равноценны, а это подразумевает и одинаковое влияние на процесс формирования понятий. Гораздо более продуктивным в этом отношении оказывается анализ эксперимента, в основе классификации которого лежит методологический признак. В такой классификации весь физический эксперимент разбивается на три вида: натурный, модельный и мысленный. В этом случае анализ влияния эксперимента на формирование понятий отдает предпочтение такой его разновидности как модельный эксперимент, который согласно своему статусу выделяет и раскрывает существенные признаки изучаемых объектов в рафинированном виде. Именно эта атрибутивная особенность модельного эксперимента (при соблюдении определенных условий) должна обеспечить эффективное влияние модельного эксперимента на процесс формирования физических понятий, который, как известно, и состоит в последовательном раскрытии качественных и количественных свойств изучаемых физических объектов, доведенном до их словесного определения и осмысленного практического применения. Под понятием здесь и в дальнейшем будем понимать систему рациональных знаний, словесно закрепленную и представляющую собой результат выделения и обобщения предметов и явлений того или иного класса по их существенным признакам.

Дальнейший поиск средств, эффективно влияющих на процесс формирования понятий при обучении физике, приводит к необходимости образно-эмоциональной подачи изучаемого учебного материала. Другими словами, формально строгое с точки зрения логики построение понятия должно осуществляться на образно-эмоциональной основе. Образ живее, богаче, объемнее логического построения. Видимо, поэтому в современной культуре, перенасыщенной информацией, образные средства коммуникации выдвигаются на первый план. Источником и носителем такой образной информации применительно к обучению физике опять-таки выступает учебный модельный эксперимент, поскольку он изначально ориентирован на воспроизведение существенных свойств и отношений моделируемых объектов в зримой, эстетически привлекательной форме. Таким образом, в модельном эксперименте, используемом в качестве средства для форми-

рования понятий, должны присутствовать, дополняя друг друга, и истина, и красота.

Проведенный **анализ литературных данных** показывает, что и в исследованиях по методике преподавания физики, и в школьной практике накоплены ценные материалы по проблеме использования учебных моделей в обучении физике. Однако проблема целенаправленного и систематического применения модельного эксперимента как средства формирования физических понятий ни в прямой постановке, ни в косвенной не рассматривалась. Закономерным поэтому является тот факт, что в настоящее время еще не выяснены в полной мере психолого-дидактические функции модельного эксперимента как средства формирования физических понятий, не определены методические требования к модельному эксперименту и ряд других вопросов.

**Цель статьи.** Чтобы лучше осознать роль и место учебного модельного эксперимента в процессе формирования физических понятий, сначала выделим дидактические функции, которые он выполняет в этом процессе, а затем рассмотрим методические требования, которым он должен соответствовать в связи с этим.

**Полученные результаты и их обсуждение.** При анализе дидактических функций учебного модельного эксперимента, используемого в качестве средства формирования физических понятий, в общей сложности, было выделено пять специфических функций:

- Информационно-генетическая функция;
- Образная функция;
- Понятийная функция;
- Каталитическая функция;
- Эстетическая функция.

Рассмотрим каждую из них в отдельности.

1. **Информационно-генетическая функция.** Одним из универсальных признаков учебного модельного эксперимента является его способность служить предметным источником концентрированной информации о существенных свойствах и отношениях, присущих объекту моделирования. Воспринимая и перерабатывая такую информацию, учащийся получает благоприятную возможность для выяснения условий происхождения тех или иных понятий, описывающих объект изучения, и для обнаружения той генетически существенной исходной связи, которая в итоге определяет и содержание, и объем этих понятий.

Каким же образом выделенный выше атрибутивный признак учебного модельного эксперимента находит свое отражение в школьной практике? Представляется, что отмеченный признак может и должен проявиться в учебном процессе как одна из функций модельного эксперимента. Назовем эту функцию информационно-генетической. Под информацией-генетической функцией модельного эксперимента здесь и далее будем понимать реализацию на практике потенциальной способности модельного эксперимента не только воспроизводить «сгустки» необходимой и полезной объективной информации, но и отслеживать генезис возникающих при этом знаний — представлений и понятий.

Реализация в практике обучения физике информационно-генетической функции в целом ряде важных с методической точки зрения случаев может привести к так называемому генетическому определению понятий. Генетическое определение понятий предполагает указание на происхождение предмета, понятие которого определяется, на тот способ, которым данный предмет создается. В качестве примера в логическом словаре-справочнике приводится пример генетического определения понятия «окружность» в геометрии [1]. На этом примере стоит немного задержаться с тем, чтобы лучше проиллюстрировать информационно-генетическую функцию модельного эксперимента.

Окружность, согласно определению, образуется движением на плоскости точки, сохраняющей равное

расстояние от центра (если дадим циркулю произвольный радиус, поставив одну его ножку острием в какую-нибудь точку «О» на плоскости, станем вращать циркуль вокруг этой точки, то другая его ножка, снабженная карандашом или пером, прикасающимся к плоскости, опишет на плоскости непрерывную линию, все точки которой одинаково удалены от точки «О»; эта линия называется окружностью). Определяя, таким образом, понятие «окружность», как бы раскрывают происхождение этой геометрической фигуры.

С точки зрения представлений, развиваемых в настоящей работе, описание действий с циркулем есть не что иное, как модельный эксперимент, при выполнении которого и реализуется рассматриваемая информационно-генетическая функция. Здесь в явном виде, не требующем специального комментария, присутствуют сконцентрированная информация о существенных свойствах моделируемого объекта и «прозрачный намек» на происхождение геометрической фигуры. Учителю остается добавить, что окружность как геометрический объект есть идеальная модель, существующая только лишь в нашем воображении. Что же касается нарисованной окружности, то ее можно рассматривать в зависимости от ситуации либо как прообраз идеальной модели, либо как овеществленную идеальную модель. Не вдаваясь в более тонкие детали данного примера, все же отметим, что с точки зрения методики преподавания и математики, и физики максимальный эффект понимания будет достигнут при индивидуальном выполнении обсуждаемого модельного опыта каждым учеником класса.

Представляется, что особенно эффективно информационно-генетическая функция модельного эксперимента может быть реализована при введении физических понятий, имеющих «геометрическое происхождение». Так, например, понятия материальной точки, траектории, перемещения — в механике; светящейся точки, луча света, гомоцентрического пучка света — в геометрической оптике; точечного заряда, силовой линии — в электростатике; броуновского движения — в молекулярной физике; кристаллической решетки — в физике твердого тела и т. д.

Остается лишь добавить, что для реализации рассматриваемой функции в указанных физических примерах, необходимо разработать соответствующий модельный эксперимент, отвечающий вполне определенным требованиям.

2. **Следующая функция,** которая возлагается на учебный модельный эксперимент как средство формирования физических понятий, так или иначе связана с возникновением и функционированием познавательных образов, с которых по существу и начинается процесс формирования понятий. Отличительной чертой образного мышления является его способность целостно, в комплексе воспринимать предметы и явления реального мира во всем их многообразии.

Мышление в образах входит во все без исключения виды человеческой деятельности, какими бы абстрактными и развитыми они не были. Однако содержание умственных образов, условия их формирования, способы оперирования в процессе обучения существенно изменяются, поскольку образы в мышлении функционируют не сами по себе, а в сложной структуре мыслительной деятельности. В исследованиях по педагогической психологии и частным методикам однозначно показано, что научные понятия действительно становятся «достоинством» учащихся только в тех случаях, если их формирование опирается на наглядные образы. Каким бы ни было содержание понятия, его усвоение требует создания образов, адекватных этому содержанию. Вот почему поиск учебных средств, способных служить некой основой для возникновения в сознании учащихся умозрительных образов, адекватных содержанию формулируемых понятий, продолжает оставаться важной методической задачей.

Как уже отмечалось, основными источниками наглядных образов при обучении физике являются специально разработанные для этой цели средства наглядности, среди которых особое место отводится школьному физическому эксперименту во всех его разновидностях (натурный, модельный, мысленный). При этом предполагается, что каждый из трех указанных видов эксперимента, безусловно, порождает у учащихся познавательные образы. Однако следует иметь в виду, что эти образы будут иметь разную степень обобщенности и, соответственно, будут по-разному влиять на процесс формирования понятий и на их статус (эмпирическое понятие или теоретическое). В связи с этим проанализируем закономерности возникновения наглядных образов, ведущих к формируемому понятию, в случае использования модельного эксперимента и в случае использования натурального эксперимента.

Возникновение познавательного (наглядного) образа моделируемого объекта в ходе модельного эксперимента с точки зрения психологии можно представить следующим образом. Разработчик модельного эксперимента, например, учитель, сначала создает у себя наглядный мысленный образ изучаемого объекта — его мысленную модель, а затем уже овеществляет ее, превращает в материальную. Понимание, осознание, усвоение готовой модели учащимися происходит в обратном порядке, а именно: сначала они чувственно воспринимают модельный эксперимент (материальную модель), а затем строят соответствующую ему мысленную модель — наглядный образ моделируемого объекта.

Однако здесь следует иметь в виду, что наглядность модели отличается от наглядности обычных объектов (реальных или воображаемых). Когда чувственно воспринимается какой-то материальный объект, скажем прибор, или реальное явление, скажем диффузия, или воображается этот прибор, диффузия, то возникает образ именно этого прибора, этой диффузии в их конкретности. Когда же воспринимается модель, созданная нами или созданная кем-то, то возникает наглядный образ существенных свойств моделируемого объекта, отраженных в модельном эксперименте. Модельный эксперимент не просто дает возможность создать образ моделируемого объекта, а создает образ его наиболее существенных свойств, отраженных в модели. Все остальные свойства, не существенные в данном случае, отбрасываются. Таким образом, у учащихся создается обобщенный образ моделируемого объекта, именно так происходит процесс овладения понятием, которое в словесной форме отражает существенные свойства изучаемого объекта.

Приведенные рассуждения еще раз подчеркивают принципиальное различие в образах, «спровоцированных» натурным и модельным экспериментами — первый помогает сформировать образы, отражающие внешние признаки изучаемого объекта, второй — отражает самые существенные свойства изучаемого объекта, его внутреннюю структуру, его сущность. Таким образом, модельный эксперимент по сравнению с натурным «стоит» гораздо «ближе» к понятию, чем натурный. Соответственно, модельный эксперимент в большей степени инициирует теоретический стиль мышления, чем натурный.

Разумеется, что никто не собирается умалять роль и значение натурального эксперимента в его сравнении с модельным, равно, как и наоборот. Каждый из них самодостаточен, занимает свое место в обучении физике и, как уже отмечалось, дополняет друг друга.

Завершая обсуждение второй функции модельного эксперимента, связанной с пробуждением у учащихся наглядного образа моделируемого объекта, необходимо сформулировать ее название, которое бы достаточно адекватно отражало ее содержание. Наиболее удачным словосочетанием для этой цели является, на наш взгляд, словосочетание, заимствованное в украинском языке — *образотворча функція*.

3. Рассмотрение учебного модельного эксперимента с точки зрения его влияния на формирования понятия аппарат школьника при обучении физике дает возможность глубже раскрыть функциональную роль учебной модели как средства регулирующего и упорядочивающего информацию, поступавшую к субъекту (ученику) от изучаемого им объекта (явления, процесса, закономерности).

Каким же образом модельный эксперимент с его возможностью «выдавать» информацию в образной форме запускает понятийное мышление? Фактически ответ на этот вопрос можно найти в том месте творческой автобиографии А.Эйнштейна, где он излагает свое методологическое кредо [2]. Размышляя над вопросом, что означает, в сущности «думать», А.Эйнштейн пишет: *«Когда при восприятии ощущений, идущих от органов чувств, в воображении всплывают картины-воспоминания (читай образы, прим. авторов), это еще не значит «думать». Когда эти картины становятся в ряд, каждый член которого пробуждает следующий, то и это еще не есть мышление. Но когда определенная картина встречается во многих таких рядах, то она в силу своего повторения, начинает служить упорядочивающим элементом для таких рядов, благодаря тому, что он связывает ряды, сами по себе лишённые связи. Такой элемент становится орудием, становится понятием»*. Таким образом, по Эйнштейну понятие рождается как результат реакции познающего субъекта на повторение какой-то картины в «картинной галерее», запечатленной в сознании человека. Эта картина в какой-то момент становится упорядочивающим элементом во всем имеющемся наборе картин и связывает их между собой. Упомянутый упорядочивающий элемент и есть прообраз зарождающегося в сознании человека понятия. Если вдобавок иметь в виду, что картины это суть образы, преподносимые в нашем случае с помощью модельного эксперимента, то правдоподобные рассуждения А.Эйнштейна вполне приемлемы для объяснения механизма «запуска» понятийного мышления с помощью модельного эксперимента.

Следует обратить внимание на замечание Эйнштейна о часто повторяющейся картине — прообраза понятия. Может показаться, к чему такая избыточность? Не достаточно «породить» необходимый правильный один-единственный образ и от него продвигаться к формируемому знанию-понятию? Нет, недостаточно. Мысль (понятие) как инвариант вычленяется из множества ее образных воплощений и не постигается однократным усилием ума.

В свете сказанного становится более понятным возникновение у Фарадея представления электрического и магнитного полей с помощью наглядной картины соответствующих силовых линий. Для Фарадея силовые линии магнитного поля были свернутым отображением операции мысленного размещения в пространстве множества микроскопических измерительных приборов — магнитных стрелок. По существу, аналогичным образом поступил впоследствии и сам Эйнштейн в процессе создания специальной теории относительности. В трехмерном пространстве он построил воображаемую кубическую решетку из идеальных, абсолютно жестких стержней и разместил в каждом из ее узлов систему часов, синхронизированных и проградуированных в мерах светового времени. Эта идеализированная модель пространства — времени, лежащая в основе специальной теории относительности, также была результатом модельного эксперимента — мысленного экспериментирования [3].

Рассматриваемая функция модельного эксперимента — обеспечение условий для возникновения понятий, описывающих конкретное физическое явление — может быть названа понятийной функцией.

4. Следующая, четвертая функция учебного модельного эксперимента, используемого с целью формирования физических понятий, названа *катализи-*

скої. Название функции заимствовано из химии и, как представляется, наилучшим образом отражает то обстоятельство, что применение модельного эксперимента с указанной целью должно приводить к ускорению процесса формирования понятий, не снижая, естественно, при этом уровня подготовки учащихся.

Что же является основным источником экономии учебного времени?

Среди основных причин прогнозируемого феномена в первую очередь следует назвать избранную «траекторию» продвижения ученика к формируемому понятию. Эта «траектория» изначально задумана таким образом, что ведет учащихся непосредственно к глубинам знания, к ядру понятий, не давая возможности «заблудиться» среди недостаточно увязанных между собой эмпирических фактов. Эту ориентацию в продвижении к новому знанию задает и поддерживает именно модельный эксперимент, который разрабатывается и осуществляется так, что учащийся фактически с самого начала оперирует с рафинированной информацией. В этой информации все то, что перегружает ум и отвлекает от существенного, просто отбрасывается. Именно так задуманный эксперимент является по существу естественным, ожидаемым откликом на природную потребность учащихся оперировать образами, моделями, аналогиями, способными разъяснить явление, углубить его понимание. Работая с такой специально подготовленной, концентрированной информацией, учащиеся должны гораздо быстрее, без неоправданных перегрузок, без умственного перенапряжения прийти к новому для себя знанию в виде физического понятия.

Использование модельного эксперимента должно, таким образом, снять существующее противоречие между имеющимися у школьников потребностями в приобретении определенных знаний и их реальными возможностями по удовлетворению этих потребностей. И именно модельный эксперимент, выступая своего рода мостиком, спрямляющим путь учащихся к наглядному образу изучаемого объекта и затем к стоящему за ним понятию, может и должен стать эффективным катализатором процесса формирования физических понятий.

При этом надо учитывать, что модельный эксперимент, как и катализатор с химической точки зрения, играет промежуточную роль. Имеется в виду, что учебный модельный эксперимент служит лишь средством, с помощью которого происходит формирование физического понятия. По этой причине модельный эксперимент надо понимать, уметь им пользоваться, но специально усваивать его или запоминать не надо. Этот факт также дает свой вклад в экономию времени.

5. Каждая из 4-х названных и уже теоретически описанных функций модельного эксперимента как средства формирования физических понятий может выполнить свое предназначение, если модельный эксперимент, который они характеризуют, окажется для учащихся привлекательным и захватит, как говорится, их внимание. Без познающего субъекта, т.е. без учащегося отношение «модель — оригинал» просто не существует. Соответственно отсутствуют и какие-либо основания для появления и проявления отношения «оригинал → модель → образ → понятие».

По этой причине при разработке модельного эксперимента надо всячески заботиться о его привлекательности в перспективе, непосредственно в учебном процессе. Представляется, что успех и признание у школьников будет иметь такой эксперимент, который вызывает у них эстетическое ощущение или, другими словами, ощущение красоты. Эстетическая емкость предъявляемого учащимся модельного эксперимента достигается, прежде всего, благодаря тому, что он по своему содержанию изначально направлен на выделение существенного в рафинированном виде, подчеркивает новизну, неожиданность, вызывает удивление, способствует яркости восприятия. Модельный эксперимент будем считать красивым, если существенные черты моделируемого объекта удается воплотить в исключительно простой

и доступной для восприятия учащимися форме. Единство глубины содержания и наиболее простой и эффективной формы его воплощения и должно вызывать у учащихся ощущение прекрасного.

Следует отметить, что эстетическая функция модельного эксперимента проявляется в учебном процессе не сама по себе, а только в совокупности с другими функциями, однако ее роль в воздействии модельного эксперимента на познавательную деятельность учащихся может оказаться решающей.

Психологический механизм этого воздействия на школьника непосредственно в учебном процессе можно, должно быть, представить так. Учитель, ставя определенную познавательную задачу, выделяет в изучаемом объекте совокупность наиболее существенных черт этого объекта с точки зрения поставленной задачи. Строя из этой совокупности черт и особенностей объекта его модель, учитель стремится сделать эту модель как можно более выразительной, более доступной для восприятия учащимися, что достигается значительным упрощением моделируемых особенностей, связей и отношений моделируемого объекта. Тем самым модель, которую строит учитель, приобретает признаки объективности и простоты.

Однако, как показано выше, воздействие модельного эксперимента на учащихся, на их познавательную деятельность будет определяющим лишь в том случае, если этой модели придать определенную форму, обладающую внешней красотой и внутренней гармонией между моделируемым содержанием и формой его воспроизведения.

В этом случае учащиеся, воспринимая и используя такую модель, в силу имманентной потребности в эмоциональном насыщении, важнейшим элементом которой является потребность в красоте, гармонии, активизируют свою познавательную деятельность, направляют ее на предъявленную им учебную модель с целью «овладения», «присвоения» красоты и гармонии этой модели. Именно это стремление «присвоить» красоту и гармонию учебной модели, «насытить» себя этой красотой и служит мотивирующим фактором формирования физического понятия, направленного на проникновение во внутреннюю сущность моделируемого объекта. Ценность модельного эксперимента, обладающего эстетической емкостью, состоит в том, что вызываемая при этом деятельность является внутренней, прямо связанной с содержанием изучаемого материала, а не внешне обусловленной, как это большей частью бывает при использовании обычных средств формирования физических понятий (требования, оценки, наказания и т.д.).

Теперь после рассмотрения основных функций модельного эксперимента, применяемого в качестве средства формирования физических понятий, можно рассмотреть требования, каким он должен соответствовать, чтобы эффективно выполнять возлагаемые на него функции в процессе формирования физических понятий.

Кроме соответствия общедидактическим требованиям, учебный модельный эксперимент, используемый с целью формирования физических понятий, как показано в настоящей работе, должен соответствовать дополнительно требованиям, отражающим специфику собственно модельного эксперимента и особенности формирования научных понятий.

В выполненном исследовании показано, что эффективное функционирование модельного эксперимента с указанной целью достигается при его соответствии вполне определенным специфическим требованиям, к которым следует отнести: объективность, характерность, информативность, простоту и эстетическую емкость.

*Объективность* — неперемное качество разрабатываемого учебного модельного эксперимента, выражающееся в том, что в модели отображаются закономерности, присущие изучаемому объекту (явлению, процессу), а не только субъективное мнение создателя модели. Другими словами, объективность означает

постановку такого варианта модельного опыта, результаты которого не вызывают сомнений.

Требование объективности обусловлено, прежде всего, тем обстоятельством, что наглядный образ объекта изучения искусственно навязывается сознанию учащихся извне с помощью специально разработанного для этой цели модельного эксперимента. С этой точки зрения он должен быть просто безупречен. При соблюдении требования объективности модельный опыт, таким образом, должен быть всегда убедительным, не вызывать никаких сомнений в его справедливости и не давать повода к его неправильной интерпретации.

*Характерность* понимается как представление, преднамеренное выделение существенных наиболее общих свойств и отношений, присущих объекту изучения в конкретной познавательной задаче.

Выявление учителем в процессе общения с учениками наиболее характерных черт изучаемого объекта и их намеренное подчеркивание — один из ключевых моментов формирования физических понятий.

*Информативность* — требование, отражающее потенциальную возможность конкретного модельного эксперимента воспроизводить характерные черты моделируемого объекта при разных его проявлениях. Чем большее разнообразие проявлений моделируемого объекта способен отразить данный модельный эксперимент, тем больше его информативность, тем выше его методическая ценность.

Происхождение рассматриваемого требования связано с тем обстоятельством, что разрабатываемый по избранной теме модельный эксперимент должен представлять достаточно стройную, логически связанную систему модельных опытов, в которой каждый последующий опыт является развитием предыдущих. Только в таком случае можно ожидать, что в сознании учащихся будут возникать не просто и не только «галерея» отдельных наглядных образов, а и системообразующие, генетически исходные образы, которые как раз и призваны связать воедино отдельные образы, упорядочить их. Именно эти опорные образы и выступают в роли первоисточников формируемых физических понятий.

Выполнение требования информативности достигается разработкой и использованием таких средств экспериментирования, которые бы позволили на единой экспериментальной установке поставить серию взаимосвязанных и взаимодополняющих модельных опытов, фактически не прибегая к реконструкции установки. Каждый раз новое проявление, новый эффект получают путем незначительного ее изменения или дополнения.

*Простота модельного эксперимента* — требование, отражающее достигнутый результат процесса поиска наиболее простой, «прозрачной» для учащихся формы воспроизведения уже выделенных характерных элементов моделируемого объекта, которая оптимально соответствует достигнутому учащимися уровню знаний, мыслительных способностей, жизненному опыту.

Представление характерных черт моделируемого объекта в простой, в большинстве случаев знакомой для учащихся форме, позволяет перевести новую для них информацию на уже привычный язык. Применение модельного эксперимента, соответствующего требованию простоты, с необходимостью должно приводить к простоте восприятия учащимися сути изучаемой проблемы, инициировать ее понимание. Я.И.Френкель писал, что понимание в действительности заключается в сведении нового, незнакомого к старому и знакомому до тех пор, пока такого рода сведение становится далее невозможным [4].

Достигнутая простота является не начальным, а конечным пунктом разработки модельного эксперимента и характеризует лишь продукт деятельности по созданию модели — собственно модельный эксперимент, но отнюдь не процесс его разработки, который может быть сколь угодно сложным. Ориентация на простоту ведет не к примитивизации и вульгаризации характерного, а к созданию такой учебной модели, которая вбирает в себя характерные для объекта изучения моменты и придает им простую и изящную форму.

*Эстетическая емкость* — требование, отражающее наличие соответствия, гармонии между характерными чертами моделируемого объекта и формой их воспроизведения. В определенном смысле эстетическая емкость или иначе красота модельного эксперимента не есть независимое требование, — оно проявляется как суперпозиция всех остальных выше рассмотренных требований (объективность + характерность + информативность + простота), как единство содержательных и формальных характеристик. Именно единство глубины содержания и наиболее простой и эффективной формы его воплощения и должно вызывать у учащихся ощущение прекрасного, которое стимулирует в конечном итоге познавательную деятельность.

**Выводы.** Таким образом, в проведенном исследовании:

- рассмотрено место модельного эксперимента в системе учебного эксперимента;
- исследование показало, что модельный эксперимент является эффективным средством формирования физических понятий;
- выяснены психолого-дидактические функции модельного эксперимента как средства формирования физических понятий;
- определены требования к модельному эксперименту, применяемому как к средству формирования физических понятий. Эти требования могут рассматриваться как критерии при разработке новых модельных опытов, или отборе наиболее эффективных их числа уже имеющихся.

*Дальнейшее развитие полученных результатов* следует видеть в разработке модельного эксперимента по конкретным разделам школьного курса физики.

#### Список использованных источников:

1. *Кондаков Н.И.* Логический словарь-справочник. — М.: Наука, 1975. — 720 с.
2. *Эйнштейн А.* Физика и реальность. — М.: Наука, 1965. — 360 с.
3. *Шодиев Д.* Мысленный эксперимент в преподавании физики. — М.: Просвещение, 1987. — 95 с.
4. *Френкель Я.И.* На заре новой физики. — Л.: Наука, 1970. — 384 с.

We have considered the influence of all kinds of experiments (natural, model and thought) on the process of scientific concepts formation in high school physics teaching. It has been established that the most effective tool to form scientific concepts is the model experiment. We discovered psycho-didactic function of the model experiment, used as a tool to form scientific concepts. The requirements to be followed developing new model experiments, or selecting the most effective ones from already existing model experiments have been determined.

**Key words:** physics teaching, physics concepts, model experiment.

*Отримано: 11.04.2005.*