

М. Г. Ковтунович



РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПА СИСТЕМНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ ЧЕРЕЗ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Марина Георгиевна Ковтунович, канд. пед. наук, декан факультета Государственного и муниципального управления Московского городского психолого-педагогического университета, профессор кафедры Организационной и экономической психологии факультета ГМУ МГППУ. С 2004 года и по настоящее время руководитель секции «Когнитивная психология образования» Федерации психологов образования России.

Научные интересы: когнитивная психология образования; когнитивные модели обучения; критериально-ориентированное тестирование учащихся; психодидактика обучения физике; когнитивная психология и принцип системной дифференциации в профессиональной подготовке.

Из работ последних лет:

Исследования Н. А. Менчинской по формированию научного мировоззрения в контексте современной когнитивной психологии // Вопросы психологии. 2005. № 3; Психология в преподавании физики (Изучение физических понятий методами физики и психологии через самостоятельную исследовательскую деятельность старшеклассников) // Вестник практической психологии образования № 3 (4). 2005; Когнитивная диагностика. Научное издание. М.: ПЕР СЭ, 2007; Домашний эксперимент по физике: исследовательский, логический и психологический практикум. Серия: Библиотека учителя физики. (Пособие для учителя). М.: Владос, 2007; Развитие когнитивной психологии образования в Московской психологической школе. Развитие Московской психологической школы в Московском городском психолого-педагогическом университете. Т. IV. М., 2007.

marinakovt@mail.ru

Более 350 лет назад в своей «Великой дидактике» Я. А. Коменский отмечал, что все, и самое большое и самое малое, должно

быть приложено друг к другу и соединено между собой, чтобы образовать единое целое [Коменский 1955]. Еще тогда было обращено внимание на основной бич схоластического обучения, когда учителя под страхом наказания вдалбливали ученикам разрозненные, не связанные ни логически, ни хронологически факты, понятия, термины. Автор утверждал, что легкость в обучении происходит от простоты, связанности и последовательности и является мерилom успешного обучения.

Те же идеи находим у И. Г. Песталоцци [1965]. Он отмечает, что дело обучения и искусства состоит еще и в том, чтобы уничтожить беспорядочность и перевести знания в определенные. А. Дистервег [1956] отмечает в своих работах, что знание одного частного, т. е. множества отдельных частных без перевода их в высшее единство, не может привести к такой точке зрения, исходя из которой человек обозревает с ясным сознанием все частности и в состоянии постигнуть источники и причины отдельных явлений.

Отечественная педагогическая психология и педагогика также обратилась к идеям Коменского, Песталоцци, Дистервега, Спенсера и Гегеля. Однако, как отмечает в своем фундаментальном научном труде, посвященном анализу научных фактов, научных идей и теорий, в которых проявляется принцип дифференциации как основополагающий принцип любого развития, Н. И. Чуприкова [2007], «парадоксальным образом сформулированный ими основополагающий принцип обучения “от общего к частному” не был воспринят ни педагогической мыслью, ни педагогической практикой. Был воспринят лишь тезис, что в обучении следует двигаться “от простого к сложному”. Но дело в том, что и у Коменского, и у Спенсера ... более простым признавалось общее, а более сложным — частное и специальное. А в традиционной дидактике требование двигаться от простого к сложному по существу оказалось почти тождественным принципу “от частного к общему”, что не отвечает ведущему закону умственного развития» [Чуприкова 2007: 404].

В настоящее время и в педагогической психологии, и в педагогике, и в некоторых частных методиках преподавания школьных общеобразовательных дисциплин наметился определенный сдвиг в сторону создания новых педагогических технологий, основан-

ных на принципе системной дифференциации. Во многом это движение стимулируется общими идеями о системах и структурах, современное научное мировоззрение не мыслимо без системного подхода, на котором базируются все современные, особенно естественные, науки. Эта тенденция проявляется и в методике преподавания физики как науки, хотя и далека от воплощения в учебниках и в широкой практике преподавания.

Систематизация выделяется большинством авторов в отдельную крупную проблему. В «Философской энциклопедии» [1963—1967] говорится, что в результате систематизации наука получает более конкретные внутренние связи, вырабатывается научная система. Здесь разрозненные элементы образуют логическую структуру. Система научных знаний — не просто сумма элементов, ее образующих. Это также упорядочение, которое дает возможность для обнаружения новых знаний.

Физик-методист Б. А. Барсуковский [1984] определяет систематизацию как вид мыслительной деятельности по приведению связанных между собой элементов в соответствующую поставленной цели систему. По его мнению, «обобщение как систематизация осуществляется в результате мыслительной деятельности, заключающейся в объединении изучаемых объектов каким-либо сходным, существенным признаком» [Барсуковский 1984: 33]. Здесь обобщение представляется как систематизация.

Известный педагог-методолог В. В. Мултановский связывает обобщение с абстрагированием: «Абстрагирование — выделение и мысленное удержание существенного признака конкретных объектов. Обобщение — установление связей вычлененного с конкретным частным. Обобщение, с одной стороны — сведение к единой основе, с другой — выведение частных свойств из этой основы» [Мултановский 1979: 140].

В психологии С. Л. Рубинштейн вводит понятия эмпирического и научно-теоретического обобщения, где 1-е — выделение общего в смысле схожего, а 2-е — выяснение существенных, необходимых связей [1989]. Эту мысль продолжает Н. И. Чуприкова: «Сущность сознания человека — это его возможность оперировать отдельными свойствами и отношениями действительности, абстрагировать их из их онтологически нерасторжимой связи с другими свойства-

ми и отношениями и связывать эти абстракции между собой» [Чуприкова 2007: 432].

Процесс абстрагирования рассматривается и как способ мыслительной деятельности, и как метод научного познания. Абстрагирование — процесс вычленения какого-либо признака объекта, изучаемой системы, отвлечения от остальных. Посредством абстрагирования формируются обобщенные образы реальности, позволяющие выделить в ней значимые связи и отношения объектов, отграничив их от остальных. Предельный случай абстрагирования — идеализация, в результате которой создаются понятия «идеальный объект», «идеальное протекание процесса» и т. п. Абстрагирование рассматривается нами и как необходимое условие конкретизации, процесса отнесения единичного объекта, события к некоторому классу, в качестве которого могут выступать вербальные и невербальные знания, символы, сенсорные и перцептивные эталоны. Объект конкретизации выступает как представитель некоторого обобщенного класса, которому приписываются его особенности и характерные признаки. С этой точки зрения процессы абстрагирования и конкретизации лежат в основе определенных приемов и способов учебной деятельности. К таким приемам, широко используемым в процессе обучения, относятся приемы построения аналогий.

В «Педагогическом словаре» об учебных аналогиях говорится достаточно подробно. Отмечается, что аналогии в обучении — педагогический прием, заключающийся в установлении сходства в каком-нибудь отношении между изучаемыми предметами и явлениями, различными в остальных отношениях, и что он используется преимущественно при пояснении выведенного экспериментальным путем нового, далекого от обычных представлений учащихся понятия при помощи частично сходных более знакомых понятий. В качестве примера применения учебных аналогий предлагается случай, когда вводят аналогию цепи электрического тока с замкнутой сетью водяного отопления (или с ее стеклянной моделью) для восприятия одновременного возникновения движения во всех сечениях сети. Отмечается, что так учитель достигает более быстрого усвоения учащимися закона действия электрической цепи. С помощью аналогий обеспечивается более верное и точное по-

нимание некоторых определений и величин. Ценность учебной аналогии как приема обучения состоит в том, что она облегчает усвоение учебного материала, активизирует мысль учащегося, побуждает ее к поискам, наводит на предположения и догадки, правильность которых проверяется специальным исследованием или опытом.

Построение аналогий тесно связано с моделированием. Моделирование наряду с методом аналогий имеет не менее широкое применение в учебном процессе. Модель (от лат. *Modulus*) — мера, величина, форма. По В. А. Штоффу, модель — это мысленно представляемая или материально реализованная система, которая, отображая или воспроизводя объект исследования, способна замещать его так, что ее изучение дает нам полную информацию об этом объекте [Штофф 1988]. У других авторов имеются несколько иные определения. Например, по Я. Г. Неуймену, модель в общем смысле есть создаваемый с целью получения и хранения информации специфический объект, отражающий свойства, характеристики и связи объекта оригинала [Неуймен 1984]. В. М. Полонский [1995] отмечает, что модель упрощает структуру оригинала, отвлекаясь от несущественного. Она служит обобщенным отражением явления, результатом абстрактного обобщения опыта. Модели могут представлять собой материальные предметы или математические, информационные (наглядно-образные, логико-семантические) системы объектов или знаков.

Моделирование — это деятельность по построению и изучению моделей для указанных целей. Модель обычно определяется как некоторый объект (система), исследование которого служит средством для получения новых знаний о другом объекте (оригинале), в педагогике это средство обучения.

Моделирование также является одним из способов научного познания и теоретическим методом исследования процессов и состояний при помощи реальных (физических) или идеальных, прежде всего математических, моделей. В школьном курсе физики изучается множество понятий, являющихся моделями. Примерами таких понятий могут служить: материальная точка, инерциальная система отсчета, равноускоренное движение и т. д. Свойства реальных тел и явлений изучаются на их моделях. Для решения

физических задач также необходимо моделирование различных ситуаций. Выделяют несколько целей, для достижения которых в науке используются модели. Рассмотрим эти цели в классификации Л. М. Фридмана [1998].

Замена объекта А в некотором мысленном (воображаемом) или реальном действии (процессе), исходя из того, что объект В более удобен, чем А, для этого действия в данных условиях (*модель-заместитель*).

Создание представления об объекте А (реально существующем или воображаемом) с помощью объекта В (*модель-представление*).

В этих двух случаях наличие частичного подобия (гомоморфизм) позволяет использовать модель в качестве заместителя или представителя изучаемой системы или объекта, заменяя оригинал, модель дает информацию о нем.

Истолкование (интерпретация) объекта А в виде объекта В (*модель-интерпретация*).

Исследование (изучение) свойств и закономерностей объекта А посредством изучения свойств и закономерностей объекта В (*модель исследовательская*).

Последний случай тесно связан с мысленным экспериментом, когда человек на основе теоретических знаний об объективном мире и полученных эмпирических данных создает идеальные объекты, соотнося их с определенной динамической моделью, воспроизводя, имитируя мысленно ситуации и процессы, которые могли бы иметь место в реальном экспериментировании.

В процессе обучения используются многие модели. Существует другая классификация моделей по средствам выражения. Модели могут быть материальными и идеальными. Идеальные модели делят обычно на три вида: *образные (иконические)*, *знаковые* и *мыслительные*.

К образным моделям можно отнести различного рода рисунки, фотографии, модели кристаллических решеток, атомов, схемы. Примерами знаковых моделей являются различные уравнения в математике, физике. Мыслительные модели — это представления о каком-то явлении и процессе в форме описания на естественном языке. Можно сформулировать дидактические цели применения моделей и моделирования в процессе обучения.

М. Г. Ковтунович



РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПА СИСТЕМНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ ЧЕРЕЗ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Марина Георгиевна Ковтунович, канд. пед. наук, декан факультета Государственного и муниципального управления Московского городского психолого-педагогического университета, профессор кафедры Организационной и экономической психологии факультета ГМУ МГППУ. С 2004 года и по настоящее время руководитель секции «Когнитивная психология образования» Федерации психологов образования России.

Научные интересы: когнитивная психология образования; когнитивные модели обучения; критериально-ориентированное тестирование учащихся; психодидактика обучения физике; когнитивная психология и принцип системной дифференциации в профессиональной подготовке.

Из работ последних лет:

Исследования Н. А. Менчинской по формированию научного мировоззрения в контексте современной когнитивной психологии // Вопросы психологии. 2005. № 3; Психология в преподавании физики (Изучение физических понятий методами физики и психологии через самостоятельную исследовательскую деятельность старшеклассников) // Вестник практической психологии образования № 3 (4). 2005; Когнитивная диагностика. Научное издание. М.: ПЕР СЭ, 2007; Домашний эксперимент по физике: исследовательский, логический и психологический практикум. Серия: Библиотека учителя физики. (Пособие для учителя). М.: Владос, 2007; Развитие когнитивной психологии образования в Московской психологической школе. Развитие Московской психологической школы в Московском городском психолого-педагогическом университете. Т. IV. М., 2007.

marinakovt@mail.ru

Более 350 лет назад в своей «Великой дидактике» Я. А. Коменский отмечал, что все, и самое большое и самое малое, должно

быть приложено друг к другу и соединено между собой, чтобы образовать единое целое [Коменский 1955]. Еще тогда было обращено внимание на основной бич схоластического обучения, когда учителя под страхом наказания вдалбливали ученикам разрозненные, не связанные ни логически, ни хронологически факты, понятия, термины. Автор утверждал, что легкость в обучении происходит от простоты, связанности и последовательности и является мерилем успешного обучения.

Те же идеи находим у И. Г. Песталоцци [1965]. Он отмечает, что дело обучения и искусства состоит еще и в том, чтобы уничтожить беспорядочность и перевести знания в определенные. А. Дистервег [1956] отмечает в своих работах, что знание одного частного, т. е. множества отдельных частных без перевода их в высшее единство, не может привести к такой точке зрения, исходя из которой человек обзрывает с ясным сознанием все частности и в состоянии постигнуть источники и причины отдельных явлений.

Отечественная педагогическая психология и педагогика также обратилась к идеям Коменского, Песталоцци, Дистервега, Спенсера и Гегеля. Однако, как отмечает в своем фундаментальном научном труде, посвященном анализу научных фактов, научных идей и теорий, в которых проявляется принцип дифференциации как основополагающий принцип любого развития, Н. И. Чуприкова [2007], «парадоксальным образом сформулированный ими основополагающий принцип обучения “от общего к частному” не был воспринят ни педагогической мыслью, ни педагогической практикой. Был воспринят лишь тезис, что в обучении следует двигаться “от простого к сложному”. Но дело в том, что и у Коменского, и у Спенсера ... более простым признавалось общее, а более сложным — частное и специальное. А в традиционной дидактике требование двигаться от простого к сложному по существу оказалось почти тождественным принципу “от частного к общему”, что не отвечает ведущему закону умственного развития» [Чуприкова 2007: 404].

В настоящее время и в педагогической психологии, и в педагогике, и в некоторых частных методиках преподавания школьных общеобразовательных дисциплин наметился определенный сдвиг в сторону создания новых педагогических технологий, основан-

ных на принципе системной дифференциации. Во многом это движение стимулируется общими идеями о системах и структурах, современное научное мировоззрение не мыслимо без системного подхода, на котором базируются все современные, особенно естественные, науки. Эта тенденция проявляется и в методике преподавания физики как науки, хотя и далека от воплощения в учебниках и в широкой практике преподавания.

Систематизация выделяется большинством авторов в отдельную крупную проблему. В «Философской энциклопедии» [1963—1967] говорится, что в результате систематизации наука получает более конкретные внутренние связи, вырабатывается научная система. Здесь разрозненные элементы образуют логическую структуру. Система научных знаний — не просто сумма элементов, ее образующих. Это также упорядочение, которое дает возможность для обнаружения новых знаний.

Физик-методист Б. А. Барсуковский [1984] определяет систематизацию как вид мыслительной деятельности по приведению связанных между собой элементов в соответствующую поставленной цели систему. По его мнению, «обобщение как систематизация осуществляется в результате мыслительной деятельности, заключающейся в объединении изучаемых объектов каким-либо сходным, существенным признаком» [Барсуковский 1984: 33]. Здесь обобщение представляется как систематизация.

Известный педагог-методолог В. В. Мултановский связывает обобщение с абстрагированием: «Абстрагирование — выделение и мысленное удержание существенного признака конкретных объектов. Обобщение — установление связей вычлененного с конкретным частным. Обобщение, с одной стороны — сведение к единой основе, с другой — выведение частных свойств из этой основы» [Мултановский 1979: 140].

В психологии С. Л. Рубинштейн вводит понятия эмпирического и научно-теоретического обобщения, где 1-е — выделение общего в смысле схожего, а 2-е — выяснение существенных, необходимых связей [1989]. Эту мысль продолжает Н. И. Чуприкова: «Сущность сознания человека — это его возможность оперировать отдельными свойствами и отношениями действительности, абстрагировать их из их онтологически нерасторжимой связи с другими свойства-

ми и отношениями и связывать эти абстракции между собой» [Чуприкова 2007: 432].

Процесс абстрагирования рассматривается и как способ мыслительной деятельности, и как метод научного познания. Абстрагирование — процесс вычленения какого-либо признака объекта, изучаемой системы, отвлечения от остальных. Посредством абстрагирования формируются обобщенные образы реальности, позволяющие выделить в ней значимые связи и отношения объектов, отграничив их от остальных. Предельный случай абстрагирования — идеализация, в результате которой создаются понятия «идеальный объект», «идеальное протекание процесса» и т. п. Абстрагирование рассматривается нами и как необходимое условие конкретизации, процесса отнесения единичного объекта, события к некоторому классу, в качестве которого могут выступать вербальные и невербальные знания, символы, сенсорные и перцептивные эталоны. Объект конкретизации выступает как представитель некоторого обобщенного класса, которому приписываются его особенности и характерные признаки. С этой точки зрения процессы абстрагирования и конкретизации лежат в основе определенных приемов и способов учебной деятельности. К таким приемам, широко используемым в процессе обучения, относятся приемы построения аналогий.

В «Педагогическом словаре» об учебных аналогиях говорится достаточно подробно. Отмечается, что аналогии в обучении — педагогический прием, заключающийся в установлении сходства в каком-нибудь отношении между изучаемыми предметами и явлениями, различными в остальных отношениях, и что он используется преимущественно при пояснении выведенного экспериментальным путем нового, далекого от обычных представлений учащихся понятия при помощи частично сходных более знакомых понятий. В качестве примера применения учебных аналогий предлагается случай, когда вводят аналогию цепи электрического тока с замкнутой сетью водяного отопления (или с ее стеклянной моделью) для восприятия одновременного возникновения движения во всех сечениях сети. Отмечается, что так учитель достигает более быстрого усвоения учащимися закона действия электрической цепи. С помощью аналогий обеспечивается более верное и точное по-

нимание некоторых определений и величин. Ценность учебной аналогии как приема обучения состоит в том, что она облегчает усвоение учебного материала, активизирует мысль учащегося, побуждает ее к поискам, наводит на предположения и догадки, правильность которых проверяется специальным исследованием или опытом.

Построение аналогий тесно связано с моделированием. Моделирование наряду с методом аналогий имеет не менее широкое применение в учебном процессе. Модель (от лат. *Modulus*) — мера, величина, форма. По В. А. Штоффу, модель — это мысленно представляемая или материально реализованная система, которая, отображая или воспроизводя объект исследования, способна замещать его так, что ее изучение дает нам полную информацию об этом объекте [Штофф 1988]. У других авторов имеются несколько иные определения. Например, по Я. Г. Неуймену, модель в общем смысле есть создаваемый с целью получения и хранения информации специфический объект, отражающий свойства, характеристики и связи объекта оригинала [Неуймен 1984]. В. М. Полонский [1995] отмечает, что модель упрощает структуру оригинала, отвлекаясь от несущественного. Она служит обобщенным отражением явления, результатом абстрактного обобщения опыта. Модели могут представлять собой материальные предметы или математические, информационные (наглядно-образные, логико-семантические) системы объектов или знаков.

Моделирование — это деятельность по построению и изучению моделей для указанных целей. Модель обычно определяется как некоторый объект (система), исследование которого служит средством для получения новых знаний о другом объекте (оригинале), в педагогике это средство обучения.

Моделирование также является одним из способов научного познания и теоретическим методом исследования процессов и состояний при помощи реальных (физических) или идеальных, прежде всего математических, моделей. В школьном курсе физики изучается множество понятий, являющихся моделями. Примерами таких понятий могут служить: материальная точка, инерциальная система отсчета, равноускоренное движение и т. д. Свойства реальных тел и явлений изучаются на их моделях. Для решения

физических задач также необходимо моделирование различных ситуаций. Выделяют несколько целей, для достижения которых в науке используются модели. Рассмотрим эти цели в классификации Л. М. Фридмана [1998].

Замена объекта А в некотором мысленном (воображаемом) или реальном действии (процессе), исходя из того, что объект В более удобен, чем А, для этого действия в данных условиях (*модель-заместитель*).

Создание представления об объекте А (реально существующем или воображаемом) с помощью объекта В (*модель-представление*).

В этих двух случаях наличие частичного подобия (гомоморфизм) позволяет использовать модель в качестве заместителя или представителя изучаемой системы или объекта, заменяя оригинал, модель дает информацию о нем.

Истолкование (интерпретация) объекта А в виде объекта В (*модель-интерпретация*).

Исследование (изучение) свойств и закономерностей объекта А посредством изучения свойств и закономерностей объекта В (*модель исследовательская*).

Последний случай тесно связан с мысленным экспериментом, когда человек на основе теоретических знаний об объективном мире и полученных эмпирических данных создает идеальные объекты, соотнося их с определенной динамической моделью, воспроизводя, имитируя мысленно ситуации и процессы, которые могли бы иметь место в реальном экспериментировании.

В процессе обучения используются многие модели. Существует другая классификация моделей по средствам выражения. Модели могут быть материальными и идеальными. Идеальные модели делят обычно на три вида: *образные (иконические)*, *знаковые* и *мыслительные*.

К образным моделям можно отнести различного рода рисунки, фотографии, модели кристаллических решеток, атомов, схемы. Примерами знаковых моделей являются различные уравнения в математике, физике. Мыслительные модели — это представления о каком-то явлении и процессе в форме описания на естественном языке. Можно сформулировать дидактические цели применения моделей и моделирования в процессе обучения.

Ознакомление учащихся с моделированием как с одним из методов научного познания. Для этого при изучении нового явления необходимо рассказывать, при помощи каких моделей были изучены особенности и закономерности данного явления. При изучении моделей нужно подчеркивать, в чем их отличие от реальных объектов.

Овладение учащихся методом моделирования. Учащиеся должны уметь самостоятельно строить модели, использовать моделирование при проведении эксперимента, при самостоятельном изучении того или иного явления, при решении задач различного вида. Очень важно, чтобы ученики осознали, что они создают модели. Краткое условие задачи также является моделью.

Использование моделей как средств наглядности. Любая модель наглядна, потому что она есть чувственно воспринимаемое воплощение психического образа моделируемого объекта. Наглядность модели отличается от наглядности обычных объектов. Модель отражает только существенные признаки объекта. Когда мы воспринимаем объект, у нас возникает образ именно этого объекта вместе со всеми его особенностями. Когда мы воспринимаем модель, у нас возникает обобщенный образ моделируемого предмета только с существенными признаками. Несущественные признаки остаются незамеченными. Поэтому использование моделей способствует формированию понятий.

Использование моделей как средства запоминания учебного материала. Для этого следует строить схемы изученного учебного материала, целесообразно, чтобы эти схемы строили сами учащиеся индивидуально, а еще лучше бригадами.

Достижение выделенных нами дидактических целей при использовании моделей в процессе обучения происходит через сам процесс моделирования как способ учебной деятельности.

В рамках критериальной диагностики как нетрадиционного подхода к психодиагностике развития мышления нами разработан цикл заданий *критериально-обучающего тестирования* учащихся по физике. В данный цикл выделены задания, в том числе и на моделирование физических процессов, диагностирующие уровень сформированности и дальнейшую коррекцию основного естественнонаучного понятия «вещество», как отношения трех его сторон — состава, строения и свойств [Ковтунович 2004].

Критериально-обучающее тестирование — это внутренне упорядоченная система, органично включенная в специально организованное обучение, где на основе конкретного самостоятельно усвоенного материала, самостоятельной реализации учащимися приемов и способов учебной деятельности появляются необходимые психологические новообразования, осуществляется формирование психологических структур, в частности когнитивных внутренних структур физического знания. Это формирование осуществляется на основе принципа системной дифференциации, приложимого как к организации самого процесса обучения физике, так и к процессу организации внутренних ментальных структур.

Реализация принципа системной дифференциации в процессе конструирования содержания заданий КОТ выдвигает определенные требования к его структуре. Важнейшими из них являются следующие:

1. Эффективное функционирование внедряемой нами КОТ-технологии в школьном естественнонаучном образовании, успешная систематизация и обобщение естественнонаучных понятий, законов и теорий могут быть достигнуты при условии, если:

- репрезентированные индивидом физические знания будут рассматриваться как органическая система, представляющая собой саморазвивающееся целое, которое в процессе своего индивидуального развития проходит последовательные этапы усложнения и дифференциации;
- процессы умственного развития и обучения диагностируются в контрольных работах с точки зрения динамики формы и содержания структур, репрезентирующих соответствующие знания в сознании и памяти человека.

2. Объективное исследование и сравнение содержания организации внутренних репрезентативных структур знания осуществляется на основе:

- выделения разной степени дифференцированности существенных признаков естественнонаучных понятий;
- оценок испытуемым истинности-ложности специально подобранных утверждений-пропозиций, отражающих связи между объектами структуры;

- положения о том, что внутренняя организация таких структур имеет определенные закономерности строения, отражающие содержание предметной области;
- положения о том, что индивидуальные особенности таких структур являются проявлением их функциональной сформированности и зрелости.

3. Пакет заданий учитывает особенности естественнонаучного мышления школьников, которое определяется следующими аспектами:

- своеобразием процесса теоретического обобщения в естествознании, которое осуществляется не только по законам формальной логики, но обязательно опирается на недизъюнктивные и образные составляющие мышления;
- теоретические обобщения в естествознании ориентируются на выявление и первоочередное раскрытие базовых, генетически исходных, существенных и всеобщих отношений, определяющих содержание и структуру современной физической науки. Такие отношения имеют абстрактный характер и представляют определенную трудность для понимания и усвоения учащимися. Именно поэтому они должны воспроизводиться самими школьниками в особых знаково-символических, предметных или графических изображениях-моделях, позволяющих изучать и анализировать существенные свойства данного объекта в чистом виде. Моделирование позволяет отделить существенное от второстепенного и имеет важное значение в усвоении физических понятий;
- система естественнонаучной подготовки учащихся должна быть направлена не на усвоение изолированных физических, химических, биологических знаний, но на формирование интегративного естественнонаучного мышления (термин Г. А. Берулавы), обеспечивающего овладение общим способом преобразования естественнонаучного материала с опорой на межпредметные теоретические обобщения.

Критериально-обучающее тестирование, основанное на использовании моделирования, позволяет активизировать воображение и использовать абстрактное мышление для сравнения микропроцессов с их «макроаналогами». Модели подобраны таким образом, что

в результате диагностики удается выявить уровень сформированности базовых, основополагающих знаний школьника по данной теме.

Нами был проведен обучающий эксперимент в 7—11 классах Центра образования № 109 г. Москвы в 2002—2006 годах. Два 7 класса являлись общеобразовательными, имели примерно равный состав и примерно одинаковые показатели учебной успеваемости по всем предметам на начало учебного года. В одном из этих классов (обозначен как 7Э) обучение по физике проводилось по экспериментальной программе «Когнитивное обучение физике». На момент проведения диагностического среза эксперимент длился в течение учебного года. Два одиннадцатых класса были выбраны следующим образом: 11-гуманитарный в качестве экспериментального, обучение по экспериментальной программе длилось в нем в течение 4-х лет; 11-общеобразовательный как контрольный. В 2002 году на начало эксперимента оба класса имели примерно равные в среднем учебные показатели. В 8 классе, при поступлении в специализированный гуманитарный класс, учащиеся будущего экспериментального класса имели примерно одинаковые показатели по физике и математике и более высокие учебные показатели по гуманитарным дисциплинам в сравнении с теми учащимися, которые не поступили ни в один из специализированных классов и остались в общеобразовательном. Кроме того, на начало экспериментального обучения у них была заниженная мотивация на изучение дисциплин естественнонаучного цикла, к тому же федеральный учебный план отводит им меньшее количество часов в неделю на изучение физики.

Экспериментальная программа представляет собой психопедagogическую технологию обучения физике, разработанную на основе принципа системной дифференциации, который мы охарактеризовали выше. Обобщение и дифференциация, абстрагирование и конкретизация, аналогии и моделирование лежат в основе приемов и средств обучения, в основе разработанных заданий по физике.

Нами было проведено исследование когнитивных способностей учащихся, отличающихся по возрастным характеристикам и условиям обучения. Мы провели анализ значимых различий по всем показателям школьного теста умственного развития (ШТУР),

как внутри экспериментальной группы, так и при сравнении контрольной и экспериментальной групп с привлечением методов математической статистики.

Сравнение экспериментальной и контрольной групп выделенных нами экспериментального и контрольного классов на конец их обучения в восьмом классе позволяет обнаружить достоверные различия в развитии физико-математических, технических и общественно-гуманитарных способностей и общего показателя умственного развития ($p < 0,001$), различия по субтестам «классификация», «числовые закономерности», «пространственные представления» ($p < 0,01$), различия на уровне статистической тенденции в выполнении субтеста «анalogии» ($p < 0,05$). Сравнение по системам Крускала-Уолиса и Манна-Уитни подтверждают данные, полученные по критерию Стьюдента.

Для одиннадцатых классов (экспериментальной и контрольной групп) характерны те же самые статистически достоверные различия при сравнении выраженности способностей, а при сравнении успешности выполнения отдельных заданий теста обращают на себя внимание существенные различия ($p < 0,001$) в субтесте «логические схемы». Задание «логические схемы» приведено только в тесте умственного развития для абитуриентов и старшеклассников. Это позволяет предположить, что формирование этой мыслительной операции происходит в более позднем возрасте, чем формирование других мыслительных навыков. Применение психодидактической методики преподавания физики оказывает влияние на успешное развитие этого навыка.

Таким образом, мы подтверждаем наш вывод об эффективности применения психодидактической методики преподавания физики в классах гуманитарного направления, ее положительного влияния на развитие физико-математических способностей, общего показателя умственного развития и избирательности влияния эксперимента на развитие разных форм мыслительной деятельности, в зависимости от возраста учащихся и продолжительности их участия в процессе обучения физике.

ЛИТЕРАТУРА

- Барсуковский 1984** — *Барсуковский Б. А.* Систематизация и обобщение знаний учащихся в курсе физики X (выпускного) класса: Дис. ... канд. пед. наук. Челябинск, 1984.
- БСЭ** — Большая советская энциклопедия. 3-е изд. М.: Советская энциклопедия, 1971.
- Дистервег 1956** — *Дистервег А.* Избранные педагогические сочинения. М.: Учпедгиз, 1956.
- Ковтунович 2004** — *Ковтунович М. Г.* Критериально-обучающее тестирование. Физика. Логика. Психология. М.: ПЕР СЭ, 2004.
- Коменский 1955** — *Коменский Я. А.* Избранные педагогические сочинения. М.: Учпедгиз, 1955.
- Мултановский 1979** — *Мултановский В. В.* Проблема теоретических обобщений в курсе физики средней школы: Автореф. дис. ... док. пед. наук. М., 1979.
- Неуймин 1984** — *Неуймин Я. Г.* Модели в науке и технике. Л.: Наука, 1984.
- Педагогический словарь** — Педагогический словарь. Т. 1—2. М.: АПН, 1960.
- Песталоцци 1965** — *Песталоцци И. Г.* Избранные педагогические произведения. Т. 3. М.: Просвещение, 1965.
- Полонский 1995** — *Полонский В. М.* Научно-педагогическая информация: Словарь-справочник. М.: Новая школа, 1995.
- Рубинштейн 1989** — *Рубинштейн С. М.* Основы общей психологии. II т. М.: Педагогика, 1989.
- Философская энциклопедия** — Философская энциклопедия. М., 1963—1967.
- Фридман 1998** — *Фридман Л. М.* Использование моделирования в обучении // Вестник ЧГПУ. Сер. 2. Педагогика. Психология. Методика преподавания. 1998. № 3. С. 88—93.
- Штофф 1988** — *Штофф В. А.* Моделирование и философия. М.: Наука, 1988.
- Психологическая диагностика** — Психологическая диагностика: Учеб. пособие / К. М. Гуревич, М. К. Акимова, Г. А. Борулава и др. Бийск: НИЦ БГПУ, 1993.
- Чуприкова 2007** — *Чуприкова Н. И.* Психология умственного развития: Принцип дифференциации. СПб.: АО Питер, 2007.