

УДК 530.1 (072)

**ОПЫТ ФОРМИРОВАНИЯ ПОНЯТИЙ КИНЕМАТИКИ
И УМЕНИЯ РЕШАТЬ ЗАДАЧИ**

© 2013 г.

Д.Ф. Молдавский, К.В. Цветкова

Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского

davmol@mail.ru

Поступила в редакцию 12.06.2013

Изложена методика формирования понятий кинематики и умения решать задачи, показавшая свою эффективность. Методика базируется на положениях современной психологии. В основу её положено поэтапное формирование действий по построению физической модели процесса и одновременно необходимой развёрнутой внутренней речи, содержащей анализ процесса, выводы и объяснения.

Ключевые слова: формирование понятий, поэтапное формирование действий, моделирование процессов.

Целью работы, результаты которой представлены в данной статье, было сформировать у учащихся 10 класса основные понятия кинематики и умение их применять, навыки пространственного мышления; научить действиям с векторами, моделированию при решении физических задач как умственному действию.

Нами было проведено 12 факультативных занятий по 2 часа. Перед началом факультатива были повторены и по необходимости объяснены основные положения и определения кинематики, которые, судя по результатам опроса, были вполне усвоены.

Для обучения этому действию были использованы рекомендации теории поэтапного формирования умственных действий П.Я. Гальперина (ТПФУД) [1], предлагающей этапы:

- 1) мотивационной основы действия;
- 2) ориентационной основы действия;
- 3) действия в его начальной материальной или материализованной форме;
- 4) действия в громкой социализированной речи;
- 5) действия во внешней речи («про себя»);
- 6) действия в скрытой речи.

В описании ТПФУД речь идёт о формировании конкретных умственных действий, отдельные звенья которых могут быть подробно прописаны [1]. Решение задач представляет собой довольно сложную деятельность, для которой можно сформировать только обобщённые действия. В этой связи последовательное формирование этапов, да ещё за ограниченное время, оказалось нецелесообразным. Процессы формирования этапов перекрывались. Так, мотивационная основа действия формировалась в течение почти всего времени занятий. Однако опыт этой

работы и предыдущих показал необходимость формирования всех перечисленных этапов.

Наиболее сложными на первых занятиях оказались 2 и 3 этапы для разных задач. Факультатив начался после того, как кинематика была пройдена в школе, в начале факультатива повторена и, казалось бы, усвоена. Однако трудности на 2–3 этапах были обусловлены тем, что учащиеся не овладели основными понятиями и определениями на уровне операций и действий с ними, затруднились в использовании терминов.

Сложности возникли с начала 2 этапа: учащиеся не могли представить указанный в задаче процесс, для которого по известным характеристикам надо найти неизвестные, не видели связи между данными задачи и вопросом. Задача не воспринималась как «знаковая модель проблемной ситуации» и не могла детерминировать процесс поиска её решения [2]. Надо отметить, что непонимание задачи не мешало предлагать различные варианты решения. Эти предложения свидетельствовали об отсутствии у школьников критической оценки своих высказываний. Стало понятно, что учащиеся не владеют имеющимся у них «знанием»; мотивированы на занятия, но эта мотивация чисто внешняя [1]. Следует также отметить недостаток внимания; оно, видимо, было вначале в основном произвольным [1; 2]. Возникла необходимость помочь школьникам овладеть знаниями на инструментальном уровне, что повысило бы уровень мотивации и внимания [1–3]. Применённая методика обучения основана на ряде положений.

1. А.И. Назаров [4] представляет познавательную деятельность как взаимодействие трёх относительно самостоятельных этапов: приобретения, инкорпорации и оперирования.

«На этапе приобретения происходит восприятие ... информации, абстрагирование значений и предварительное понимание ... материала. На этапе инкорпорации приобретённый опыт осмысливается и встраивается во внутренний мир индивида, принимая разнообразные субъективные формы репрезентации. На этапе оперирования осуществляется построение действия или деятельности индивида с частичной или полной объективацией личного опыта, т.е. обратным преобразованием субъективных (внутренних) форм репрезентации во внешние (объективные) формы» [4, с. 81].

Приобретение и инкорпорация знаний сопровождаются сложным процессом смыслообразования. «Смысл – соотношение нескольких (не менее двух) значений». Важную роль вобретении смысла автор отводит сигнификативной функции, формирующейся в практических действиях индивида с предметами; таким образом, в идеальный план переносятся не только отношения между предметами, но и отношения предметно-действенные. Заключением этапа инкорпорации является построение «Образа», в котором слита вербальная и невербальная репрезентация знания.

На этапе оперирования индивид должен найти «внешнюю, объективную форму выражения личного знания, которая бы позволила ему стать знанием для других». Редко возможно простое считывание «Образа». Если знание «абстрактно и безразлично к той или иной ситуации», то действие должно быть ориентировано в ней и адекватно. Важной психологической проблемой на этапе оперирования является «противоречие между аситуативностью знания и ситуативной обусловленностью действия» [4, с. 93]. На этой стадии через актуализацию знаний складывается оперативный «Образ», адекватный ситуации.

2. Приобретённое знание становится частью когнитивного опыта [5] индивида. Важнейшими составляющими этого опыта являются понятийные и семантические структуры. Понятия формируются в процессе синтеза (инкорпорации) информации, получаемой по нескольким каналам: действенному, образному, словесно-символическому [5].

«Семантические структуры – индивидуальная система значений (слов, образов и т.д.), отдельные элементы которой взаимосвязаны. Вербальная семантика – система взаимосвязанных значений слов. Невербальная семантика – система взаимосвязанных значений чувственно-визуальных впечатлений» [5, с. 365].

Мышление в понятиях – высшая стадия развития интеллекта, а понятийная мысль – наиболее

эффективный познавательный инструмент [2]. Понятийная мысль «интегрирует» в себе все нижележащие когнитивные уровни. Выучивание определений и законов, как показал опыт, не формирует понятийного инструмента. Например, ученики могут дать определение вектора и сложить модули не параллельных векторов.

Л.М. Веккер отмечает: «Понятийная структура инвариантно отображает данный объект ... через отражения соотношений с теми другими объектами, с которыми связана его внутренняя природа, или «сущность». Поэтому содержание понятийной структуры не может выражаться одним словом, а раскрывается лишь в суждении как ... единице мысли» [2, с. 324]. Понятийная структура по крайней мере двухвариантна.

3. По гипотезе Пиаже, существует два способа отражения действительности: фигуративный и операторный – описывающие реальный мир в категориях «состояние» и «преобразование» [2]. Отсюда Л.М. Веккер полагает, что мышление обусловлено непрерывным взаимодействием обоих способов отображения – фигуративного, воплощающего связи и отношения в структуре образов, и символически-операторного, расчленяющего эти структуры и раскрывающего и выражающего связи и отношения между объектами путём оперирования соответствующими символами. Это даёт основание предположить, что мышление «представляет собой процесс непрерывно совершающегося обратимого перевода информации ... с языка образов на психолингвистический, символически-операторный язык» [2, с. 273] речевых сигналов. Инвариантом этого перевода является психически отображённое отношение между объектами мысли [2]. С этим связана двойная инвариантность понятийной структуры.

«Один из её инвариантных параметров – инвариант обратимого межъязыкового перевода – обеспечивает адекватность мыслительного отображения отношений между объектами мысли, другой – адекватность мыслительного отображения самих объектов» [2, с. 325].

Постановка задачи фиксирует непонятность искомого и запускает процесс межъязыкового перевода, представляющий динамику промежуточных фаз понимания.

В нашем случае оба языка (образный и символически-операторный) оказались недостаточно сформированными; другими словами, знания не были инкорпорированы. Решением этой проблемы стало обучение школьников мысленному моделированию отношений и взаимодействий между объектами данного в задаче процесса [6].

Моделирование является общим действием при решении различных задач. Имеется в виду мысленное построение, основанное на физических понятиях и законах данного в задаче процесса, его «материализация», представление его схемами, графиками, формулами, терминами. Так формируется образно-действенная компонента знания. Обучение моделированию как умственному действию [2] актуализирует знания учащихся: они начинают сопоставлять, анализировать, обобщать, строить связную картину процесса; у них появляется рефлексия по поводу своей деятельности.

Построение модели, основанное на анализе и преобразовании данных задачи, сопровождалось чётко сформулированными объяснениями и выводами. Причём учащимся указывалось, что чёткое формулирование предположений, объяснений, выводов и т.д. обязательно должно происходить во внутренней речи (буквально проговариваться про себя) в процессе обучения решению задач или при затруднениях в решении задачи, понимании учебного материала [6].

Отработке внутренней речи (внятного внутреннего дискурса) уделялось большое внимание. При этом учащиеся начинают осознавать собственный мыслительный процесс, возникает рефлексия своей поисковой деятельности и возможность управления ею. «Разработка проблемы развития рефлексии в процессе самостоятельной работы учащихся имеет большое значение для правильной постановки вопросов воспитания и самовоспитания ума» [7, с. 141]. Через развёрнутую рефлексия процесса моделирования происходит овладение основными мыслительными операциями [2], формирование понятий. Наряду с интеллектуальными новообразованиями происходят и личностные: наблюдается весьма заметное изменение первоначально репродуктивной ориентации на продуктивную, возрастает заинтересованность в решении задач [8]. По ходу этих занятий заметно менялся характер мотивации и внимания.

Модельное представление условий, привлечение необходимого для решения инструмента является построением ориентировочной основы. Анализ модели, действия с ней представляют собой «формирование действия в его начальной материальной или материализованной форме» [1, с. 195]. Вся эта работа велась в режиме управляемого преподавателем диалога, в котором отрабатывались все формулировки.

Этап громкой речи начинался тогда, когда многие ученики могли ориентироваться в задаче, строить модели, использовать их при реше-

нии задач. Преподаватель здесь иногда уточнял формулировки, ставил дополнительные вопросы, организовывал обсуждение. Этот этап завершался, когда большинство учащихся могло сформулировать свои объяснения.

На этапе формирования действия во «внешней речи про себя», т.е. развёрнутой внутренней речи, все действия переносятся во внутренний план. Здесь преподаватель задаёт вопросы о ходе решения, контролируя работу учащихся над задачей. Кто-то из учащихся рассказывает о своём решении.

Этап «формирование действия в скрытой речи», «субъективно выражающееся в том, что называется чистой мыслью» [1, с. 210] за недостатком времени не был достигнут.

Приведем несколько примеров задач, решавшихся на первой половине занятий в процессе формирования 2 и 3 этапов, и предлагавшихся школьниками вариантов их решений.

Задача 1. С угла квадратного плота со стороной 4 м прыгнул в воду пёс. Нарисуйте траекторию движения пса относительно берега, если он плыл вдоль сторон плота и влез на него в той же точке. Скорость пса составляет $\frac{4}{3}$ скорости течения реки. Какова длина траектории? На рисунке указывался плот и направления движения пса.

Не усвоив условия и требования задачи, что стало понятно после ответов на вопрос, школьники стали предлагать варианты решения. На Рис. 1 цифрами 1, 2 и т.д. отмечены варианты траектории. Вначале были предложены варианты 1 и 2, после некоторого обсуждения – вариант 3. Решение 4 стало понятным только с помощью «бумажной модели»: плот рисовался на прозрачной кальке, сдвигавшейся по листу бумаги, на котором отмечались перемещения пса.

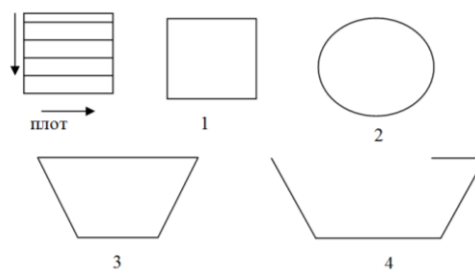


Рис. 1.

Задача 2. Скорость капель вертикально падающего дождя 15 м/с, а скорость автомобиля, едущего по горизонтальной дороге, 10 м/с. Каково направление капель дождя с точки зрения водителя?

Учащиеся вначале предлагали варианты траекторий 2 и 3 (рис. 2), но после обсуждений с

привлечением их жизненного опыта предложили вариант 4. Построение векторной диаграммы 5 (рис. 2) воспринималось с трудом.

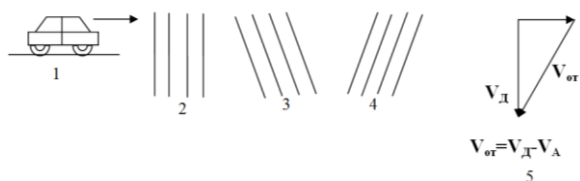


Рис. 2.

Задача 3. Мимо пристани проходит плот. В этот момент в посёлок, находящийся на расстоянии 15 км от пристани, вниз по реке отправляется моторная лодка. Она дошла до посёлка за $\frac{3}{4}$ часа и, повернув обратно, встретила плот на расстоянии 9 км от посёлка. Какова скорость течения реки и скорость лодки относительно воды?

Школьникам было трудно связать данные о расстояниях и времени с движением объектов задачи и представить все это на схеме (рис. 3).

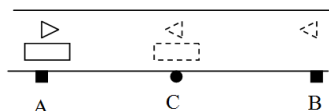


Рис. 3.

Решение упрощается, если рассмотреть движение лодки относительно плота. Однако учащиеся долго не могли понять, что время удаления лодки относительно плота равно времени возвращения к нему. Даже демонстрация этого явления на бумажной модели далеко не сразу была воспринята.

Такого рода ошибки весьма распространены среди школьников и студентов.

Задача 4. Лента горизонтального транспортера движется со скоростью u . На ленту по касательной к ней влетает шайба, начальная скорость v которой перпендикулярна краю ленты. Найдите максимальную ширину ленты, при которой шайба достигнет другого её края, если коэффициент трения между шайбой и лентой μ .

Для решения задачи необходимо найти траекторию движения шайбы по ленте. На рис. 4-а показаны направления движения шайбы и ленты; на рис. 4-б приведены предложенные учащимися варианты траекторий. Несмотря на их знакомство с преобразованиями Галилея, только после объяснений с использованием модели они поняли, как можно определить относительную скорость и найти соответствующую траекторию (рис. 4-в). Предлагавшиеся учащимися решения задач № 2 и № 4 свидетельствуют о недостаточном развитии их пространственного мышления, хотя к этому возрасту соответствующие подструктуры мышления должны быть развиты [8].

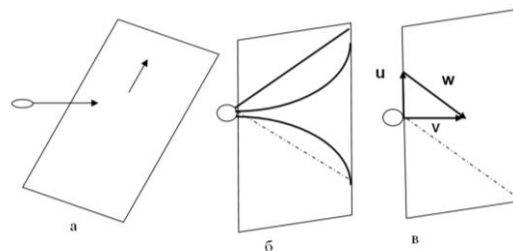


Рис. 4.

Затруднения школьников в оперировании векторами, преобразованиями Галилея обусловлены, возможно, тем, что после объяснения материала, разбора простых примеров, чтения учебника они не достигают стадии инкорпорации знания. У них не образуются понятийные структуры, оперативный «образ». Такое их знание откладывается на уровне сенсомоторного интеллекта. О нём Ж. Пиаже писал: «Акт сенсомоторного интеллекта направлен лишь на практическое удовлетворение, ... на успех действия, а не на познание как таковое... Сенсомоторный интеллект ... является интеллектом просто «пережитым», а отнюдь не рефлексивным» [10, с. 134]. Деятельность учащихся по моделированию, осознание связи между своими действиями и физическим знанием формирует у них оперативный «образ», делает их мышление понятийным. К концу первой половины занятий учащиеся стали лучше обрабатывать данную в условиях информацию, увереннее применяли свои знания, стали самостоятельнее и инициативнее. Во второй половине занятий участие преподавателя фактически свелось к наводящим, а чаще – к контрольным вопросам.

Несмотря на ограниченность во времени, занятия были весьма эффективными. Об этом свидетельствует ряд показателей: изменение характера мотивации (от чисто внешней к внутренней – познавательной), внимания (непроизвольного на произвольное с увеличением его объёма), изменение отношения школьников к работе над задачами. Кроме того, для оценки эффективности использовались прогрессивные матрицы Равенна и показатели учебных успехов.

Прогрессивные матрицы Равенна предназначены для измерения уровня развития общего интеллекта [11]. Мы использовали 2-й чёрно-белый вариант, предназначенный для детей, подростков и взрослых. Вариант состоит из 5 серий по 12 матриц в каждой (A, B, C, D, E). Трудность заданий возрастает от первой серии к последней. Укажем психологическое значение более сложных серий C, D, E:

– C выявляет способность к быстрой наблюдательности и прослеживанию непрерывных

Таблица 1

Средние показатели успеваемости экспериментального и контрольного классов после 1-й четверти

Класс	Физика	Алгебра	Геометрия	Литература
Эксперимент.	3.6	3.9	3.7	3.9
Контрольный	3.7	3.6	3.7	3.9

Таблица 2

Прирост показателей успеваемости экспериментального и контрольного классов после 3-й четверти

Класс	Физика	Алгебра	Геометрия	Литература
Эксперимент.	0.9	0.5	0.7	0.4
Контрольный	0.3	0.3	0.2	0.1

изменений, динамическую внимательность и воображение;

– D выявляет способность схватывать количественные и качественные изменения в упорядочении фигур согласно закономерности используемых изменений;

– E выявляет способность наблюдать сложное количественное и качественное развитие кинематических рядов (это высшая форма абстракции и синтеза).

Среднее число правильных ответов в экспериментальном классе перед началом факультатива было 48, а в контрольном – 47. При повторном тестировании (через месяц после его окончания) среднее число правильных ответов в экспериментальном классе стало 52, а в контрольном не изменилось. Средне-квадратичное отклонение среднего – 1.

Средние показатели успеваемости экспериментального и контрольного классов после 1-й четверти и прирост их после 3-й четверти приведены в Таблицах 1 и 2.

Аналогичные результаты по тесту Равенна и показателям успеваемости получены в предыдущих наших работах [6]. Следует отметить, что помимо улучшения успеваемости по физике наблюдается её рост по геометрии (в среднем на 1 балл). Характерно также улучшение успеваемости по литературе: по отзывам преподавателей, сочинения школьников стали более глубокими, лучше структурированными. Таким образом, предлагаемая методика обучения решению физических задач по различным разделам фи-

зики в разных классах показала свою высокую эффективность.

Список литературы

1. Гальперин П.Я. Лекции по психологии. М.: Книжный дом Университет: Высшая школа, 2005. 399 с.
2. Веккер Л.М. Психика и реальность: единая теория психических процессов. М.: Смысл, 1998. 685 с.
3. Асмолов А.Г. По ту сторону сознания: методологические проблемы неклассической психологии. М.: Смысл, 2002. 480 с.
4. Назаров А.И. Обобщенная модель познавательной деятельности индивида // Психологическая наука и образование. 2000. № 3. С. 80–96.
5. Холодная М.А. Психология интеллекта: парадоксы исследования. М.: Барс; Томск: ТГУ, 1997. 392 с.
6. Молдавский Д.Ф. Обучение моделированию как умственному действию при решении физических задач // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2008. № 2. С. 11–16.
7. Ананьев Б.Г. Избранные психологические труды. М.: Педагогика, 1980. Т. 2. 287 с.
8. Семёнов И.Н., Степанов С.Ю. Рефлексия в организации творческого мышления и самореализации личности // Вопросы психологии 1983. № 2. С. 35–42.
9. Каплунович И.Я. // Вопросы психологии 1987. № 6. С. 116–122.
10. Пиаже Ж. Психология интеллекта. СПб.: Питер, 2003. 192 с.
11. Дружинин В.Н. Психология общих способностей. СПб.: Питер, 2002. 347 с.

AN APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF KINEMATICS CONCEPTS AND PROBLEM-SOLVING SKILLS

D.F. Moldavskiy, K.V. Tsvetkova

An approach to the development of kinematics concepts and problem-solving skills is presented. This effective approach is based on the provisions of modern psychology. Step by step, action are formed for building a physical model of the process and at the same time, a detailed internal speech containing the analysis of the process, conclusions and explanations is developed.

Keywords: concept development, step-by-step formation of actions, process modelling.