

И. Г. Пустильник
ПРОТИВОРЕЧИЯ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ НАУЧНЫХ
ПОНЯТИЙ В ОБУЧЕНИИ

Формирование у учащихся научных понятий является важнейшим аспектом обучения. Однако усвоение суммы знаний — не самоцель, а средство развития познавательных интересов и возможностей учащихся, их мышления. Цели гуманизации образования побуждают вести поиск путей преобразования всей педагогической системы школы, ее поворота от авторитарно-назидательного стиля обучения к заинтересованному сотрудничеству педагога и ученика в познавательном труде.

Мы обсудили пути формирования у учащихся современных научных понятий на основе развертывания их активно-творческой познавательной деятельности [1]. Научные понятия по самой своей природе противоречивы, будучи и результатом, и инструментом познания. В силу этого и процесс формирования понятий у учащихся сопряжен с разрешением противоречий, что является основой развития мышления, которое, как пишет Э. В. Ильенков, “в собственном смысле начинается именно там и только там, где сознание человека упирается в противоречие, не разрешимое с помощью готовых схем, готовых рецептов, готовых алгоритмов, готовых знаний...” [2].

Процесс формирования у учащихся научных понятий сопряжен с противоречиями разной природы. Представляется актуальным их анализ для преобразования стратегии и тактики обучения в современной школе. Мы будем опираться главным образом на примеры обучения физике, но основные идеи представляются общими для всех (по крайней мере естественнонаучных) предметов.

Сначала остановимся на противоречиях взаимодействия преподавателя и ученика. Преподаватель олицетворяет уже сложившуюся к настоящему времени науку, он смотрит с высоты знаний на учебный предмет. Для него противоречия в науке лежат на переднем фронте ее исследований. Тот материал, который должны усвоить его ученики, “незыблемо” установлен наукой, проверен тысячами экспериментов, широкой практикой человечества. В силу этого и смогла возникнуть следующая мысль: “Учащиеся должны получать современную общую интерпретацию физических теорий в готовом виде, а не подво-

даться к ней тем мучительным путем преодоления противоречий, которым шло познание” [3, с. 28]. Мысль о современном характере школьных знаний на всех этапах обучения, конечно, бесспорна. Можно согласиться и с тем, что между систематическим (логическим) и историческим изложением учебного курса существует известное противоречие. Вопрос, однако, состоит в том, как “давать” знания “в готовом виде”? Как обеспечить не только овладение системой современных знаний, но и (что еще важнее!) развить современный научный стиль мышления, познавательный интерес и способности учащихся? Очевидно, выход в том, чтобы учащиеся стали активными субъектами процесса познания со всеми присущими ему противоречиями и эмоциями: сомнениями, мучительными раздумьями, колебаниями, радостью открытий.

Луи де Бройль в замечательном эссе “Преподавание и исследование” вскрывает психологические противоречия между деятельностью исследования и преподавания: “Исследование непременно предполагает вечное беспокойство, преподавание как таковое стремится к установлению невозмутимой уверенности, которая противопоставляется беспокойству“ [4, с. 345]. Откуда же происходит такое противоречие, учитывая, что очень часто ученый и преподаватель выступает в одном и том же лице? Де Бройль анализирует истоки этого противоречия: преподавание по своей сути склонно к догматизму, стремится придать окончательную, застывшую форму состоянию наших знаний, “в действительности всегда временному”, преподаватель не может беспрестанно ставить под сомнение свои утверждения, хотя ему не раз приходит в голову мысль, что “публично он дает гораздо более категоричное решение некоторых проблем, чем наедине со своими мыслями” [4, с. 343]. Это нередко приводит к тому, что с годами эта привычка “заставляет отворачиваться от новых идей и благоприятствует выработке “далеко не бесспорных ортодоксальных взглядов”. Преподаватель “в конце концов вопреки своей воле оказывается скованным играемой им ролью и не может более избавиться от “персонажа”, которого он воплощает” [4, с. 344].

История науки действительно подтверждает, что с годами становится трудно воспринять новые идеи, требующие существенных изменений понятийной основы науки, не говоря уже о собственном выдвижении таких идей. Т. Кун пишет о том, что почти всегда люди, которые успешно осуществляют фундамен-

тельную разработку новой парадигмы, были либо очень молодыми, либо новичками в той области, парадигму которой они преобразовали [5, с. 126]. Объясняется это тем, что они, будучи мало связаны предшествующей практикой с традиционными “правилами нормальной науки”, могут скорее всего видеть, что правила больше не пригодны, и начинают подбирать другую систему правил, которая может заменить предшествующую. Это перекликается со словами М. Планка о том, что новое пробивает дорогу не путем переубеждения противников. “В действительности дело происходит так, что оппоненты постепенно вымирают, а растущее поколение с самого начала осваивается с новой идеей — пример того, что будущее принадлежит молодежи” [6, с. 189].

Но это, по нашему убеждению, вовсе не означает, что молодежь автоматически, только в силу неопытности и молодости, готова к восприятию новых идей. Школа может и обязана внести свой вклад — решающий — в психологическую подготовку учащихся для восприятия новых, всегда парадоксальных идей и понятий. И это может сделать преподаватель, передавая ученикам не только знания, но и стиль мышления, свои взгляды, свои убеждения, передавая не только букву, но и дух науки, живую историю ее развития [7].

Важнейшей чертой современной науки, в частности физики, является внутренняя готовность к тому, что любые понятия, даже самые фундаментальные, могут потребовать пересмотра, модификации, видоизменений, короче, любые понятия нельзя рассматривать как абсолютные, как окончательные, как застывшие. Стиль преподавания должен быть таким, чтобы учащиеся психологически подготавливались к встрече с противоречиями в их собственном учебном познании и приобретали опыт преодоления противоречий. Н. Бор, будучи по стилю мышления подлинным диалектиком (как и все великие ученые), писал: “Главное, что нужно себе ясно представить, это то, что всякое новое знание является нам в оболочке старых понятий, приспособленной для объяснения прежнего опыта, и что всякая такая оболочка может оказаться слишком узкой для того, чтобы включить в себя новый опыт” [8, с. 95]. А. Эйнштейн неоднократно подчеркивал изменчивость, развитие научных понятий: “Нет ни одного понятия, относительно которого я был бы уверен, что оно останется неизменным” [9, с. 561].

Есть ли у преподавателя возможность преодолеть то противоречие процесса обучения, о котором говорит де Бройль? Нам

представляется, что это возможно, если преподаватель будет рассматривать учащихся как своих коллег-исследователей, если он будет побуждать их осмысливать (вместе с ним) проблемы, вопросы, возникающие из жизни, из опыта, из исторических примеров и аналогий, если он будет играть роль не всезнающего ментора, а ищущего (вместе с учениками) ответ на действительно интересующий его вопрос. Стилль рассказа преподавателя — это рассуждения вслух, а не безапелляционное изложение готовых истин. Конечно, преподаватель должен научиться “играть свою роль”, нередко изображая человека, который еще не знает ответа, а ищет его вместе с учениками; объяснять решение задачи так, как советует Д. Пойа: не излагать известное решение, а как бы вслух обдумывать поиск решения, размышлять, демонстрируя ученикам применяемые учителем методы поиска [10]. Такие элементы эвристики должны пронизывать весь процесс обучения.

Разумеется, речь не идет о том, чтобы учащиеся сами находили ответы на все вопросы, сами “находили” все научные понятия и законы. Но они всегда должны понимать, в чем заключается суть рассматриваемой проблемы, какие противоречия с их знаниями возникли, над чем следует подумать — без этого научиться мыслить невозможно, а учеба превратится в зубрежку, в бездумное заучивание голых определений понятий, законов и даже — готовых решений учебных задач.

Э. В. Ильенков, страстно призывавший педагогов включить в процесс обучения диалектику противоречий, пишет: “Голый результат без пути, к нему ведущего, есть труп, мертвые кости, скелет истины, неспособный к самостоятельному движению, как прекрасно выразился в своей “Феноменологии духа” диалектик Гегель” [11, с. 171]. Поэтому преподавателю очень полезно при изложении “несомненного” научного материала примешивать безвредную, умеренную дозу скепсиса, сомнения, как использует вакцину врач для предупреждения болезни [11, с. 186]. Например, при реализации обучения по известному познавательному циклу полезно обсуждать с учащимися все их гипотезы и догадки, даже самые нелепые, при разрешении возникшей проблемы. По сути, и в научном познании ученый нередко для объяснения одного и того же факта выдвигает несколько разных теорий [12, с. 186].

Заметим, что известная доля скепсиса лежит в самой природе научного познания. Ведь любое понятие, любой закон при-

роды устанавливается на ограниченном опытном материале, всегда есть элемент гипотетического расширения сферы применимости знаний. Очень ярко об этом говорит Р. Фейнман: “Если вы принимаете только те законы, которые относятся к уже проделанным опытам, вы не сможете сделать никаких предсказаний. А ведь единственная польза от науки в том, что она позволяет заглядывать вперед, строить догадки. Поэтому мы вечно ходим, вытянув шею” [12, с. 77].

Таким образом, в самой природе развития науки заключается противоречие, состоящее в том, что приходится не только утверждать, открывать, догадываться о законах природы, находить для их выражения адекватные понятия, но и непрерывно нащупывать границы их применимости, допуская в принципе их приближенность. В этом смысле Р. Фейнман говорит даже о “недостоверности науки” [12, с. 78].

Профессионализм преподавателя заключается в умении формировать у учащихся понимание путей науки, ее методов обязательно включающих элемент догадки, гипотезы и способы их проверки. В систему обучения учитель обязательно включит фрагменты посильного исследования учащихся, в которых они приобретут опыт анализа противоречий и способов их научного разрешения.

Следует сказать, что противоречия между новыми фактами и сложившимися понятиями являются для учащихся прекрасным “возбудителем” удивления, интереса, субъективного познавательного переживания. Как известно, в теории и практике проблемного обучения существенно различие между понятиями “проблема” и “проблемная ситуация”. Чтобы ученик захотел воспринять и разрешить познавательную проблему, начал обдумывать ее, он должен быть вовлечен в “проблемную ситуацию”, что предполагает возбуждение педагогическими средствами личной заинтересованности, личного интереса к проблеме. Не воспринятая человеком, навязанная извне и не ставшая предметом переживания (интереса, любопытства), обычная учебная задача перестает быть таковой по сути, она не вызывает той цепочки активных мыслительных действий, которые и развивают мышление.

Эти субъективные обстоятельства могут быть стимулированы разными средствами, среди которых первостепенное значение имеют именно противоречия между сложившейся у ученика системой понятий и новыми фактами, обстоятельствами,

идеями. Противоречия приобретают характер личных переживаний ученика, что и стимулирует его мышление.

Приведем пример из нашего педагогического эксперимента. Учащимся предлагается подумать над следующей практической проблемой: получить из сосуда с водой струю постоянного напора (в сосуде имеется боковое отверстие у дна). У школьников уже сложилось понятие о давлении столба жидкости (оно зависит от высоты столба), из которого следует, что напор струи по мере вытекания воды будет уменьшаться. Сообщение о том, что в свое время французский ученый Мариотт решил эту проблему без всяких насосов (именно насосы и предлагали применить учащиеся), вызвало живой интерес у большинства учащихся. Возникли разные идеи, попытки разгадать находку Мариотта. После обсуждения было найдено решение: нужно пропустить через пробку, закрывающую верхнее горло сосуда, трубку с открытыми концами. При этом обсуждается способ реализации эксперимента (например, как контролировать постоянство напора; решение: измерять горизонтальную дальность струи). Постановка опыта, наблюдение процессов, сопровождающих вытекание воды, и их объяснение (через трубку проникают пузырьки воздуха в сосуд, благодаря чему суммарное давление воздуха и столба воды в сосуде остается постоянным) — это вызвало живой интерес всех учащихся.

Опытные учителя используют давно известную тактику: нельзя все содержание материала “разжевывать”, всегда нужно оставлять учащимся некоторые вопросы для размышлений, для самостоятельных поисков ответов на поставленные познанием вопросы. А для этого требуется предоставление ученикам времени на обдумывание и на обсуждение проблем, нужны интеллектуальные паузы. Б. Г. Матюнин высказал интересную мысль, которая лишь на первый взгляд кажется парадоксальной: начинать изучение проблемы надо “не с активизации мышления, а наоборот — с организации индивидуального или коллективного творческого безмыслия” [13]. И это правильно! Школе еще предстоит осмыслить систему обучения, в которой ученик становится не объектом, а активным познающим субъектом процесса. Задача же учителя — прежде всего разбудить мышление, создать такое настроение у обучаемых, которое приводило бы к тому, что А. Эйнштейн называл “удивлением”. “Почему, — пишет он, — нам случается иногда “удивляться”, притом совершенно спонтанно, тому или иному восприятию?

Этот “акт удивления”, по-видимому, наступает тогда, когда восприятие вступает в конфликт с достаточно установившимся в нас миром понятий. В тех случаях, когда такой конфликт переживается остро и интенсивно, он в свою очередь оказывает сильное влияние на наш умственный мир. Развитие умственного мира представляет собой в известном смысле преодоление чувства удивления — непрерывное бегство от “удивительного”, от “чуда” [9, с. 261]. Для учителей интересны страницы автобиографических заметок гения нашего века (А. Эйнштейна), где он вспоминает те случаи “удивления”, с которыми он столкнулся в детстве (например, в 4 года — встреча с компасом, стрелка которого поворачивалась без прикосновения руки). Эти строчки великого ученого имеют большое педагогическое значение. Они наводят на мысль о необходимости более раннего приобщения детей к посильному познанию природы, к обогащению их мышления некоторыми понятиями науки. Опубликованный проект стандарта физического образования предусматривает трехступенчатое перманентное развитие у детей физических понятий (по ступеням: начальная школа — основная школа — старшая школа) [14]. Эта идея представляется прогрессивной. По сути, это один из вариантов спирального развертывания содержания обучения [1]. Заметим, что эта сквозная система развития научных понятий у детей может и должна начинаться еще раньше (в детсадовском возрасте). Познавательные возможности детей этого возраста огромны, о чем свидетельствуют специальные педагогические исследования. С огромным энтузиазмом дети ставят опыты по электричеству, магнетизму, теплоте, механике и в состоянии оперировать многими научными терминами и понятиями. Не ранняя узкая специализация, а соприкосновение с миром природы создает тот внутренний понятийный мир, который вызывает чувство удивления и побуждает к размышлениям.

Перейдем к рассмотрению противоречий, с которыми могут встретиться учащиеся в процессе освоения научных понятий, противоречий в их собственной познавательной деятельности. Анализ возможных типов противоречий в процессе формирования у учащихся физических понятий подробно изложен в нашей работе [15]. Здесь мы ограничимся несколькими примерами.

Противоречия между новыми фактами и обыденными представлениями. Учащиеся к моменту изучения того или иного вопроса имеют уже какие-то представления о предмете изучения,

сложившиеся в результате их жизненных наблюдений. Эти представления могут не соответствовать современной науке. Примером может служить господствовавшее в течение тысячелетий аристотелевское понятие о движении: тело движется, если на него действует сила. Как известно, только механика Галилея-Ньютона сумела опровергнуть это заблуждение, доказав справедливость закона инерции. Заметим, что аристотелевские представления очень живучи потому, что они порождаются житейским опытом людей: ведь ни одно покоящееся тело не приходит само по себе в движение, пока его не толкнуть. Более того, движущаяся тележка остановится, если ее не тянуть. Требуется большое интеллектуальное усилие, чтобы преодолеть внутренний психологический барьер для признания справедливости закона инерции и принятия понятия инерции.

Учитель не может в своей работе не опираться на повседневный опыт учащихся, на их обыденные понятия (иногда их называют донаучными), в необходимых случаях углубляя и расширяя их, если они соответствуют научным, а в других случаях выявлять и разрешать противоречия обыденных представлений и экспериментальных фактов [16]. Опора на повседневный опыт, на повседневное мышление — необходимая основа обучения. По словам А. Эйнштейна, «вся наука является не чем иным, как усовершенствованием повседневного мышления» [9, с. 200]. А если принять во внимание и то, что в основе даже обыденного мышления лежат противоположные категории (количество — качество, прерывное — непрерывное, пространство и время, причина и следствие и т. д.), зачастую явно не осознаваемые, то опора на них и их развитие в обучении является естественной основой методики формирования диалектического мышления учащихся, а значит — и подлинного овладения научными понятиями.

К обыденным понятиям учащихся можно отнести и те, которые усвоены в процессе обучения (на ранних его стадиях). При ограниченном опыте применения понятий также могут возникнуть противоречия. Нередко они носят субъективный характер и связаны с переменой условий, к которым невольно привыкли школьники. А. В. Усова обосновала необходимость использования различных познавательных заданий по применению понятий в изменяющихся условиях [17]. Варьирование несущественных признаков понятий помогает уточнить существенные стороны (например, варьирование плоскости зеркала при нахождении хода отраженного луча).

Противоречия, обусловленные тем, что понятия являются результатом абстрагирования, идеализации. Мы выделяем два этапа формирования у учащихся научных понятий: этап первичного введения понятия и этап последующего его развития (в соответствии с противоречивыми функциями понятия в качестве результата познания и в качестве его последующего инструмента) [1]. Лежащие в основе понятия абстракции, ограничения не сразу могут быть восприняты учащимися, нередко необходима дополнительная познавательная деятельность, сопряженная с преодолением противоречий. Очень важно на этом этапе рассматривать наряду с теоретическими также и экспериментальные вопросы такого характера, чтобы пришлось осуществлять предметно-преобразующую деятельность по созданию условий применимости того или иного понятия. Например, фундаментальным понятием механики является понятие материальной точки. Обычно у учащихся не возникает в процессе изучения физики опыта практического применения этого понятия. Примеры практических упражнений: на пружине подвешен массивный цилиндр; требуется осуществить такие колебания цилиндра, чтобы: а) его можно было считать материальной точкой (ответ: оттянуть пружину и возбудить линейные колебания); б) его нельзя было считать материальной точкой (ответ: пружину закрутить и получить крутильные колебания). Здесь существенно, то, что учащиеся собственной практической деятельностью (а не только мысленно) могут создавать условия, в которых применимо или неприменимо то или иное понятие. Желательно так варьировать условия опытов, чтобы исследуемый объект или процесс приобретал противоположные качества. По сути, развитие понятий учащихся в процессе обучения и состоит в рассмотрении таких противоречий, возникающих при “восхождении от абстрактного к конкретному”. Зачастую такие противоречия воспринимаются как парадоксы, настолько они противоречат привычным для учащихся представлениям. Рассмотрим примеры таких парадоксов.

Кипение при ... охлаждении жидкости. Химическая колба частично заполняется водой, которая доводится до кипения. Когда колба снимается с плитки, кипение прекращается. После этого колба плотно закрывается пробкой. Если теперь колбу облить холодной водой, вода внутри колбы начинает интенсивно кипеть. Это полностью противоречит понятию учащихся о явлении кипения. Данный опыт — парадокс побуждает внима-

тельно взглянуть на условия его проведения, проанализировать возможные причины явления, глубже уяснить связь явления кипения со свойствами насыщенных паров.

Электризация и ее загадки. Рассмотрим пример противоречивого задания учащимся. Предлагается зарядить стержень электрометра с помощью положительно заряженной палочки: а) положительно; б) отрицательно. Подумав, учащиеся находят решение этой противоречивой задачи: а) положительно электрометр заряжают прикосновением заряженной палочкой; б) отрицательно стержень электрометра заряжается прикосновением руки при воздействии (через влияние поля) находящейся на некотором расстоянии заряженной положительно палочки.

Интересно продолжить исследование и предложить учащимся проверить знак заряда электрометра в каждом из рассмотренных случаев. Возможное решение: использовать ту же заряженную палочку и проверить ее влияние на электрометр. При приближении палочки к электрометру, стержень которого заряжен одноименно с палочкой, стрелка отклоняется на больший угол. В случае же противоположного заряда электрометра получается неожиданный эффект: по мере приближения палочки стрелка сначала падает, а при дальнейшем приближении отклонение стрелки начинает возрастать! Столь противоречивое поведение электрометра учащиеся объясняют после детального анализа процесса влияния заряженной палочки на распределение зарядов в стержне электрометра. Можно предположить, что по мере приближения палочки (благодаря влиянию ее поля) одноименные с ней заряды перемещаются подальше от палочки, нейтрализуя имевшийся в стержне отрицательный заряд; стрелка падает. При дальнейшем приближении заряженной палочки отклонение стрелки начинает возрастать. Это объясняется тем, что электрическое поле палочки перемещает в стержне положительные заряды к стрелке, происходит ее перезарядка. Подобные рассуждения помогают учащимся не только разобраться в сущности понятия “электризация через влияние”, но и такого абстрактного понятия, как “точечный заряд”. В рассмотренных опытах заряд стержня электрометра нельзя считать точечным, поскольку имеет существенное значение перемещение зарядов в пределах стержня. Понятие точечного заряда является фундаментальным для электродинамики: без этого понятия нельзя сформулировать закон Кулона — основу электростатики. Учащиеся могут встретиться с

другими парадоксальными опытами, связанными с конкретизацией применимости понятия точечного заряда: поле плоского конденсатора (его однородность означает, что заряд пластин нельзя считать точечным); поле заряженной плоской металлической пластины (силовые линии параллельны). Вместе с тем эти случаи можно при теоретическом рассмотрении свести к точечным зарядам путем мысленного разделения заряженных поверхностей на достаточно маленькие участки, заряды которых можно считать точечными. В этом случае поле в каждой точке пространства находится суммированием элементарных полей на основе принципа суперпозиции полей.

В арсенале науки учитель может найти много таких противоречивых экспериментов, которые позволяют учащимся на собственном опыте осмыслить сущность физических понятий, а также понять лежащие в их основе идеализации.

Противоречия исторического развития науки. Большие возможности для процесса формирования у учащихся понятий предоставляет история, полная противоречий и заблуждений. История науки убеждает учащихся в том, что ее понятия зарождаются и развиваются путем преодоления противоречий новых фактов сложившимся научным представлениям. Диалектика развития науки иногда потрясает своими парадоксами, примером чего может служить история работы Г. Герца: в одном и том же эксперименте великий ученый сделал два открытия — обнаружил электромагнитные волны и открыл явление фотоэффекта. Первое открытие явилось экспериментальным обоснованием электромагнитной теории Максвелла, в частности электромагнитной волновой теории света. Явление же фотоэффекта впоследствии явилось одним из экспериментальных доказательств корпускулярной теории света, в какой-то мере опровергавшей волновую теорию. Наука сумела оба противоречивых подхода в какой-то мере объединить в квантовой теории. Большой интерес вызывают у учащихся примеры заблуждений в науке, преодоленных последующим ее развитием. Примерами могут служить взгляды на движение (Аристотель), гипотеза невесомых жидкостей (флогистон, теплород, электрическая жидкость и т. п.). Желательно показать учащимся, что в некоторых аспектах эти представления что-то объясняли. Однако они не выдержали последующей проверки практикой. Учащиеся охотно пробуют свои силы в опровержении этих гипотез с позиций современной науки. Обширной областью ис-

следований в школе могут быть различные проекты вечных двигателей с целью их опровержения. Учителя нередко применяют игру в патентное бюро, в котором в качестве экспертов могут работать (естественно, на добровольной основе) большие группы учащихся.

Наиболее существенные противоречия исторического развития понятий обусловлены научными революциями. В нашем веке фундаментальные понятия физики были пересмотрены благодаря появлению теории относительности и квантовой механики. Включение новых идей в школьный курс потребовало переосмысления стратегии формирования у учащихся научных понятий [1, 15]. Важнейшим результатом нового подхода является развитие диалектического мышления учащихся, их готовности к встрече с противоречиями в учебном процессе и в жизни.

Литература

1. Пустильник И. Г. Формирование у учащихся научных понятий // Понятийный аппарат педагогики и образования: Сб. науч. тр. Вып. 1. Екатеринбург, 1995.
2. Ильенков Э. В. Диалектика и диалектика // Вopr. философии. 1974. № 2.
3. Мултановский В. В. Физические взаимодействия и картина мира в школьном курсе. М.: Просвещение, 1977.
4. Луи де Бройль. По тропам науки. М., 1962.
5. Кун Т. Структура научных революций. М.: Прогресс, 1977.
6. Планк М. Единство физической картины мира. М.: Наука, 1966.
7. Шубинский В. С. Философское образование в средней школе. М.: Педагогика, 1991.
8. Бор Н. Атомная физика и человеческое познание. М., 1961.
9. Эйнштейн А. Собрание научных трудов: В 4 т. Т. 4. М.: Наука, 1976.
10. Пойа Д. Как решать задачу. М.: Учпедгиз, 1959.
11. Ильенков Э. В. Об идолах и идеалах. М.: Политиздат, 1967.
12. Фейнман Р. Характер физических законов. М.: Мир, 1968.
13. Матюнин Б. Г. Соотношение знания, незнания и творческого безмыслия // Педагогика. 1994. № 2.
14. Российский стандарт школьного физического образования (проект) // Физика в школе. 1993. № 4.
15. Пустильник И. Г. Интеллектуальное развитие учащихся в процессе овладения физическими понятиями // Интеллектуальное развитие учащихся в процессе обучения физике: Сб. науч. тр. Екатеринбург, 1994.
16. Ефименко В. Ф., Батулин В. К. Методологические вопросы соотношения научного и обыденного в процессе формирования понятий // Сов. педагогика. 1977. № 2.
17. Усова А. В. Формирование научных понятий у школьников в процессе обучения. М.: Педагогика, 1986.