

Ситуация мысленного эксперимента в преподавании естественнонаучных предметов в школе

В работе описывается пример учебной ситуации на уроке по введению в естественнонаучный предмет в пятом классе, в которой ключевым звеном является мысленный эксперимент.

На уроке организовывался разрыв в предметной деятельности. Ученики, опуская в воду различные тела, определяли, плавают они или тонут. Затем учитель предлагал проверить тело несколько больших размеров, которое, как выясняют ученики, не входит в сосуд. (Далее в диалоге: Д — дети, У — учитель.)

Д: Он не проходит в банку, слишком большой!

У: Что же делать?

Д: Давайте мы за ведром сбегает. Или за тазиком.

У: А как еще можно это проверить?

Школьники придумывают различные варианты проверки:

— Найти другую емкость.

— Бросить в реку.

— Сделать такой же предмет, только поменьше.

Затем школьники пробуют оценить вес предмета на ладони; мнения при этом разделяются. Одним он кажется достаточно тяжелым, чтобы утонуть, другим — легким.

Для того чтобы отсечь предметное решение задачи и перевести работу в мысленный план, учитель различает два способа проверки — практический и теоретический.

У: Чтобы определить, будет ли плавать этот предмет, вы предлагаете опустить его в воду и посмотреть — это практический способ. А теоретический предназначен для проверки таких предметов, которые нельзя опустить в воду

(учитель рассказывает, например, о конструировании новой модели корабля, о котором нужно заранее знать, что он держится на воде, иначе его придется доставать со дна моря). Вы придумали много практических способов, попробуйте теперь придумать теоретический.

Школьники пробуют двигаться в этом направлении, но их попытки не приводят к успеху.

Д: Надо взвесить этот предмет на весах: если тяжелый, то утонет.

Другие возражают:

— Ну и что, бревно тоже тяжелое, а плавает.

— Оно деревянное, а дерево всегда плавает.

— Надо узнать, из чего он сделан! Если из дерева, то будет плавать, а если из железа, то утонет.

Часть школьников возражает снова:

— Железо не всегда тонет. Например, корабль железный, а плавает.

А дерево, если намокнет, может и утонуть.

Для выхода из сложившейся ситуации учитель вместе с детьми осуществляют первый этап мысленного эксперимента — идеализацию, на котором проводится:

- мысленное выделение "кубика" воды в сосуде с водой;
- сравнение веса этого кубика с весом такого же по объему опущенного в воду тела и получение правила: если тело тяжелее такого же объема воды, то оно тонет, а если легче, то плавает.

Учителю необходимо сконструировать и задать ситуацию, где школьники могли бы успешно действовать с таким мысленным объектом, как кубик воды в сосуде с водой.

Д: Как это, вода в воде, что ли?

У: Да.

Д: Вода в воде не тонет и не плавает, а расплывается.

У: Предположим, у нас есть большой сосуд с водой и мы мысленно выделяем в нем кубик воды.

Один из учеников чертит на доске рисунок (рис. 1).

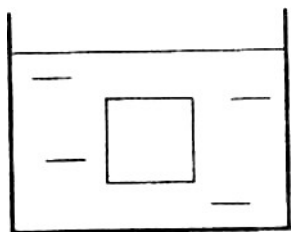


Рис. 1

Д: Такой кубик долго не продержится, расплывется.

Другие ученики включаются в обсуждение:

— Сначала утонет, а потом расплывется.

— На месте останется.

— Всплывет.

— Нет, растворится.

Сложившуюся ситуацию школьники могут понимать совершенно по-разному, и это становится одной из причин расхождения мнений. Учитель предлагает прояснить условия задания.

У: Объясните, что это за кубик и откуда он там взялся.

Выясняется, что для одних детей это кубик из воды, а для других — кубик из твердого материала, который положили в воду и отпустили, для третьих — пустое место кубической формы, куда начинает затекать вода. Большинство детей описывают также и то, как этот кубик помещают в сосуд, — например, наливают через трубочку в кубическую емкость воду, а затем убирают стенки. Класс пока не готов работать с идеальным объектом — мысленно выделенным в сосуде "кубиком" воды.

Натуральные представления детей в данной ситуации имеют большую силу, и дальнейшее обсуждение направляется на их преодоление, т.е. удержание всех условий ситуации одновременно: кубик состоит из той же воды, что и в сосуде, он не имеет границ из какого-то другого материала, при этом он не расплывается, не тонет и не всплывает.

У: Мы не наливаем в сосуд воду, она там уже есть, а только мысленно выделяем в ней кубик воды.

Д: Как только выделим его, он тут же и расплывется.

Д: Да, и не будет больше кубика.

У: А если мы снова сделаем то же самое?

Д: Снова расплывется по всей остальной воде.

У: А если много раз?

Д: То он много раз будет расплываться.

Учитель обращается к самому активному стороннику "расплывания":

У: Антон, как ты понимаешь слова "мысленно выделить кубик воды"?

Антон: Ну... Берем банку кубической формы... Или целлофановый пакет можно кубиком склеить, наливаем туда воду и кладем в сосуд. А потом разрезаем стенки и убираем их... Конечно, все расплывется.

Другие дети возражают:

— Неправильно! Тебе же говорят, что воду не добавляем. "Мысленно" — это мысленно.

Антон: Так ведь мысленно я могу что угодно там выделить. Крокодила, например.

— Нет, "мысленно" — это значит, что как будто там есть такой же кубик, как мы рисовали, только из воды.

Антон: А, понятно. Только он все равно расплывется.

У: А как это — "расплывется"?

Антон: Перемешается с остальной водой.

У: Значит, вода будет перемешиваться, колыхаться?

Антон: Нет, не будет. Мы же это мысленно делаем.

У: А утонуть он может?

Д: Нет, не может. Потому что на его место будет затекать вода с боков. Вода же не перемешивается, значит, кубик не утонет.

У: Что же будет?

Д: Если вода стоит спокойно и не перемешивается, то мысленный кубик воды будет стоять спокойно и не утонет, не всплывет и не расплывется.

Второй этап мысленного эксперимента начинается в ситуации, когда школьники, имея некоторое собственное сформированное знание по данному вопросу, получают в своей деятельности новое знание, противоречащее старому. Это противоречие не может быть снято предметным образом, оно требует совсем другого разрешения — нахождения способа соотнести оба эти знания.

Ученики строят классификацию тонущих и плавающих тел, на этот раз испытывая тела в соленой воде. Вновь построенная классификация отличается от предыдущей (построенной для пресной воды) тем, что некоторые предметы попадают в другую графу. Например, картошка раньше относилась к тонущим телам, а теперь относится к плавающим; аналогично ведет себя водолаз (опыт с "водолазом" проводился на одном из первых уроков).

Соотнесение классификаций.

Ученикам предлагается подумать и выдвинуть свои гипотезы о причине такого странного поведения отдельных тел в пресной и соленой воде. Каждая версия записывается одним из учеников на доске. В результате появляются гипотезы следующего содержания:

- Соленая вода выталкивает.
- Соленая вода тяжелее, чем картошка.
- Соль разъедает предмет, вот он и всплывает и т.д. Для проверки гипотез учитель предлагает применить

Правило плавания тел для данной ситуации. К доске вызывается ученик, который проделывает необходимые рассуждения. Другим ученикам специально разрешается включаться и участвовать в рассуждениях.

Д: Опустим картошку в сосуд с соленой водой. Рядом мысленно выделим такой же по объему кусок воды. Если тело легче такого же объема воды, оно всплывет, а если тяжелее — утонет. Картошка всплывает, значит, она легче, чем такой же объем соленой воды.

У: Сравните теперь обычную воду и соленую.

Школьники чертят новый рисунок:

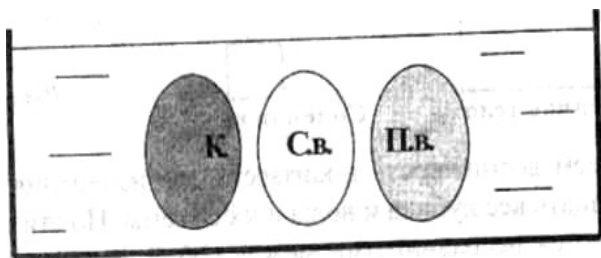


Рис. 2

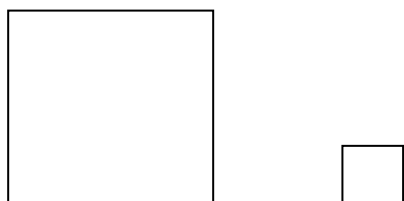
Д: Добавим в сосуд с водой еще такой же по объему кусок пресной воды. В пресной воде картошка тонет, значит, она тяжелее такого же объема пресной воды. Поэтому, раз уж картошка всплывает, то пресная вода и подавно всплывет. Значит, пресная вода легче соленой.

На этом этапе урока учитель подводит промежуточный итог, подчеркивая, что школьники научились очень хорошо определять, плавает или не плавает тело, не погружая его в воду. Единственное, что приходится делать практически — это взвешивать тело, получать такой же объем воды и взвешивать эту воду. Но остался нерешенным вопрос о том, как узнать, будет ли плавать большой корабль, до того, как он будет опущен на воду. Этот вопрос может быть решен только теоретически, и ученикам предлагается найти такой способ.

Ученики выдвигают гипотезы, которые сразу же анализируются. Этапы обсуждения:

1. Ситуация состоит в том, что соленой воды имеется ограниченное количество, поэтому крупное тело нельзя поместить в воду непосредственно и нельзя получить нужный объем воды. Но, с другой стороны, со сложной формой корабля неудобно работать, поэтому нужно перейти к другому телу - мысленному кубику, который заменит корабль в наших рассуждениях.

2. Далее обсуждение переводится в визуальный план и происходит постановка задачи. На доске чертится рисунок:



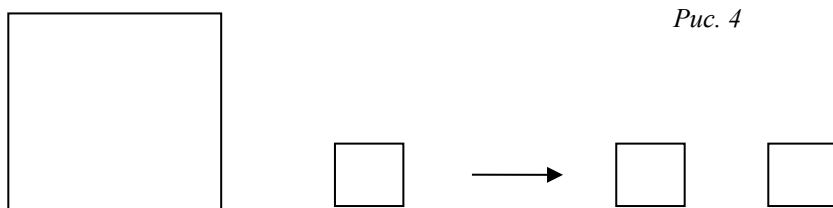
Мысленное тело Соленая вода

Рис. 3

Мы имеем возможность произвести все измерения данных тел: узнать вес кубика и воды и их объемы. Но эти величины остаются несравнимыми между собой. Зафиксировав это, можно поставить основной вопрос: как сравнить данные тела и определить плавучесть кубика.

3. На этом этапе ход рассуждений строится следующим образом.

Мы могли бы сравнить вес тела с весом воды, если бы тело было такого же объема, как и вода.



Но в этом случае мы сталкиваемся с трудностью: изменять объем воды мы можем (хотя бы мысленно: например, доливанием воды), а объем тела как будто является фиксированной величиной. С другой стороны, позволив себе большую свободу в мысленных действиях, можно представить и другие возможные преобразования — например, мысленное "отапливание" кусочка тела или мысленное уменьшение его размеров до нужного объема. Тогда процедура сравнения весов становится определенной и возможной: предположим, что уменьшенное (или "отпиленное") тело составляет одну десятую от объема исходного тела, значит, его вес будет в десять раз меньше; взяв затем равный объем соленой воды, легко найти его вес. Эта процедура применима к любым однородным телам, главным в ней является появление мысленного единичного кубика, которым измеряется исходное тело.

4. На заключительном этапе ставится вопрос о том, какой величины должен быть единичный кубик, чтобы вся технология определения "плавучести" тела оказалась максимально эффективной и единообразной для всех тел. Оказывается, что основным критерием такой величины является удобство расчетов, поэтому выбирается объем, равный одному кубическому сантиметру.

Обсуждение.

1. Решение задачи — как определить, будет ли плавать тело в жидкости с неизвестным удельным весом, не опуская его в эту жидкость, преобразуется, таким образом, в следующую последовательность действий:

- определяется вес одного кубического сантиметра исследуемого тела;
- затем находится вес кубического сантиметра жидкости, в которой тело должно плавать или тонуть;
- полученные веса сравниваются.

При этом величина "кубический сантиметр" (жидкости или тела) начинает выполнять новую функцию. Если раньше он являлся лишь единицей измерения объема, то теперь это своеобразный представитель изучаемого объекта, сохраняющий его свойства. По отношению к данной величине открывается возможность применять новую операцию — сравнение. Сравнивая вес кубического сантиметра тела с весом кубического сантиметра жидкости, школьники получают существенный результат — узнают, плавает данное тело или тонет. Получение такого важного вывода оказывается возможным без проведения еще недавно совершенно необходимого опыта — погружения тела в жидкость.

Характеристика тела "вес одного кубического сантиметра вещества", полученная в результате проведенного мысленного эксперимента, выступает как существенное отношение данной системы. Оформляясь в понятие "удельный вес", она становится универсальной меркой, позволяющей: а) опосредованно сравнивать различные тела и жидкости, определяя "плавучесть" тела в данной жидкости; б) опосредованно сравнивать различные тела между собой, определяя, какое из них при одинаковом весе будет больше по объему, а при одинаковом объеме будет больше по весу; в) находить значения веса и объема тел по одной известной величине.

2. Этап построения школьниками идеального объекта "кубик воды в сосуде с водой" (фактически, это есть идеальный объект "форма тела") является действием, направленным на преодоление собственных натуральных представле-

ний. Для учеников такого возраста оказывается очень сложно допустить существование мысленно выделенного кубика воды, не имеющего вещественных границ и, тем не менее, не "расплывающегося" в воде.

В этой ситуации существенными являются следующие моменты: а) создание идеального объекта становится необходимым для решения задачи; б) с данным объектом оказывается возможным проводить конструктивные действия, несмотря на то, что он не существует в обыденном смысле; в) школьники совершают самостоятельное усилие, "очищая" свое представление ситуации от несущественных, но "очевидных" элементов и прописывая существенные свойства объекта.

3. Продуктивное решение данной учебной ситуации школьниками возможно только в том случае, когда задается содержательная коммуникация учеников между собой и с учителем. В коммуникативной ситуации происходит распределение участников по нескольким позициям. Учитель занимает позицию ставящего вопросы, проблематизирующего очевидные ответы и выступает держателем рамки задачи. Ученики по отношению к исследованию находятся в следующих позициях: "эмпирик" — подающий идеи и проводящий практические опыты; "теоретик" — осуществляющий мысленные действия; "организатор" — удерживающий деятельностную компоненту происходящего; "ученик" — понимающий смысл производимых действий и способный затем восстановить ход ситуации.

Таким образом, мысленный эксперимент является коллективно-распределенным учебно-исследовательским действием, при котором субъектом действия выступает группа учеников, а не каждый ученик в отдельности.

Следующим этапом формирования учебной деятельности у данной группы учеников становится интериоризация (присвоение) всех элементов деятельности через мысленную реконструкцию учебной ситуации, как если бы ученик осуществлял все действия самостоятельно. Основанием для интериоризации служит обсуждение мысленного эксперимента и перевод его в "сознательный план", а также необходимость решения специальных задач, требующих

восстановления ключевых действий, в том числе и тех, которые проделывали другие ученики.