В.А.Перевязкина

Методическая разработка.

Преемственность в формировании понятия массы в курсе физики основной и средней школы.

Масса - фундаментальное понятие физики, сложное, многообразное, до некоторое степени, противоречивое. Процесс формирования понятия массы длится на протяжении всего школьного курса физики. Учащиеся посте­пенно узнают о различных существенных признаках понятия, о новых связях понятия массы с другими, учатся оперировать понятием на уровне, достигнутом к данному этапу обучения. Важнейшим требованием является целенаправленность и единство трактовки физической сущности понятия на всех этапах его формирования. Здесь особенно важно учить так, чтобы потом надо было доучивать, а не переучивать. Инымисловами, надо четко видеть вершину (уровень развития понятия к кон­цу 11 класса), чтобы последовательно и целеустремленно поднимаясь к ней, не наделать ошибок у подножья (донаучные представления и начальная школа) и при подъеме (курс физики 7 - 9 классов).

Главная задача, - выделить и научно строго раскрыть существенные признаки понятия на уровне современных представлений о физической картине мира. Особенность процесса формирования понятия массы заклю­чается в том, что выделение, изучение и практическое применение существенных признаков понятия происходит постепенно и растянуто на все годы обучения физике. Совершенно необходимо, чтобы первич­ные (классические) представления не противоречили современным, более того, они исподволь должны готовить учащихся к вершинам развития понятия. Семантический: потенциал информации на первом этапе формирования понятия следует считать положительным, если изложение согласуется с современными представлениями науки.

Здесь особенно важно неукоснительно выполнять все основные положения теории и методикипроцесса формирования физических понятий, разработанные проф. А.В.Усовой и ее учениками.

Выделим существенные признаки понятия массы и*.* проследим процесс его формирования по каждому существенному признаку.

1. Мacca - мера инертных свойств материи.
2. Масса - мера гравитационных свойств матери.
3. Инертная и гравитационная массы - эквивалентны.
4. Масса - относительна.
5. Масса - мера полной энергииматериального объекта.
6. Масса неаддитивна.
7. Масса - характеристика материи, как в форме вещества, так и в форме поля.

Поскольку первые три существенных признака понятия массы особенно тесно взаимосвязаны, и процесс их формирования начинается с первого года обучения физике, рассмотрим их в единстве.

Формирование понятия массы начинается в 7 классе по первому существенному признаку (масса - мера инертных свойств материи). В объяснениях учителя на должны просачиваться даже элементы трактовки массы как меры количества вещества. На последнее обстоятельство здесь обращается особое внимание, так как учащиеся приступают к изучению понятия массы, имея отрицательный семантический потенциал, полученный на уроках математики, природоведения и взятый из жизненного опыта. Анализ постановки преподавания в начальной школе, изучение соответствующих учебников, констатирующий педагогический эксперимент, проведенный в ряде школ Санкт-Петербурга показали, что школьники к началу изучения физики имеют устойчивые представления о массе как мере количества вещества в теле.

 Возникает вопрос: можно ли в 7 классе сколь-лнбо обоснованно показать несостоятельность такой трактовки массы? Проверенный нами педагогический эксперимент дал отрицательный, результат: учащиеся на данном этапе обучения не в состоянии сознательно усвоить, что масса

не может служить мерой количества вещества. Поэтому наше предложение заключается, в том, чтобы при строгой и последовательной отработке первого существенного признака понятия совершенно не затрагивать вопрос о старых неверных представлениях, - научно правильное изло­жение постепенно вытеснит их из памяти.

 Особенность формирования понятия массы заключается еще в том, что существенные признаки накапливаются постепенно и поочередно проходят все основные этапы формирования понятий: введение данного признака; раскрытие его физического смысла; связь данного понятия с другими по данному признаку; практическое применение понятий и опять только по изучаемому признаку.

В этом отношении, с точки зрения теории и методики процесса формирования понятий, логика изложения материала в учебнике 7 класса несколько непоследовательна. В учебнике четко и доступно вводится первоначальное понятие массы как меры инертности, а затем без всякой отработки этого признака, без какого-либо его развития, закрепления и применения идет изучение вопроса об определении массы взвешиванием. Взвешивание это заключительный этап формирова­ния понятия по второму существенному признаку (масса - мера тяготения), о котором идет речь в учебнике значительно позже.

Конечно, здесь может возникнуть вопрос принципиальной недоступности строгого соблюдения теории формирования понятий и дидактичес­кой необходимости ее нарушения.

 В связи с этим мы выдвинули гипотезу возможности последователь­ного выделения первого ивторого существенных признаков массы с отработкой, всех основных этапов формирования понятия по каждому признаку уже в 7 классе.

Приведем структурную схему предполагаемого процесса формирования массы в 7 классе.

Вводится понятие массы как характеристики результата взаимодей­ствия двух тел из состояния покоя, постулируется единица измерения массы. Вводится понятие силы как меры процесса взаимодействия тел, обуславливающей изменение их скоростей. Раскрывается понятие массы по первому признаку во взаимосвязи с понятием силы: на опытах и приме­рах убеждаем учащихся, что чем больше массы тела, тем «труднее» (больше сила) вывести его из состояния покоя, остановить, увеличить или уменьшить скорость, искривить траекторию. Иными словами, даем идеи второго закона Ньютона на качественном уровне и внедряем представления о массе как мере инертных свойств тел. Далее рассматриваем явление тяготения и вводится понятие силы тяжести и веса тела. Устанавливается связь между силой тяжести и массой тела, детально обосновывается второй существенный признак массы как меры тяготения. На примерах и опытах подтверждается этот признак: чем больше масса тела, тем большая сила тяжести действует на него. Отсюда естествен­ное следствие - измерение массы на рычажных весах.

Первый этап педагогического эксперимента с целью оценки принципиальной возможности такой структуры был проведен мною в двух седьмых классах и дал положительный результат. Однако достоверные выводы можно будет сделать только после целенаправлен­ного достаточно полного эксперимента.

При развитии понятия массы как меры инертности в 9 классе изучается сам процесс взаимодействия. Опыт показывает, что при изложении материала этим способом уча­щиеся с трудом представляют о каких ускорениях идет речь. Нередко можноуслышать от учеников, что это ускорения с которыми движутся тела до или после взаимодействия. Учителю приходится затратить немало времени, чтобы объяснить, что это ускорения тел за промежу­ток времени (при поступательном движении, как правило, очень неболь­шой), в течение которого тела взаимодействуют и изменяют свою ско­рость. Другой существенный недостаток этого подхода заключается в том, что в подавляющем большинстве случаев тела взаимодействуют с силами упругости, которые изменяются по закону Гука от нуля до максимального значения и затем уменьшаются до нуля. Следовательно, ускорения не остаются пocтоянными, а движения тел во время взаимодействия не будут равноускоренными. Требуются дополнительные пояс­нения, что речь идет о некоторых средних ускорениях.

Далее отработка понятия массы идет при изучении закона всемирного тяготения. Представляется совершенно необходимым обстоятельно разобрать вопрос о массе как мере гравитации, выделив этот существенный признак в форме определения.

 Возможную методику такого изложенияможно найти в книге. Большое мировоззренческое значение имеет третий существенный признак: эквивалентность инертной и гравитационной масс. Здесь сле­дует заострить внимание учащихся на парадоксальность факта, что одна и та же величина характеризует, казалось бы, прямо противоположные свойства материи: инерцию и гравитацию, это хорошая иллюстрация закона единства и борьбы противоположностей.

 Четвертый существенный, признак массы (относительность) изучается в курсе 11 класса при изложении основ теории относительности. Однако упомянуть о нем следует уже в 9 классе при анализе границ применимости классической механики. Этот признак следует трактовать именно как относительность массы, то есть зави­симость массы от выбора системы отсчета от "точки зрения" наблюдателя. Такой подход представляется удачнее, чем формулировка зависимости массы от скорости. В процессе формирования понятия массы по четвертому признаку целесообразно усилить экспериментальные доказательства. Педагогический эксперимент показал, что учащимся вполне доступно понимание идеи опыта Кафмана (1901 г.), поставлен­ного, кстати, за четыре года до открытия теории относительности и анализ опыта Цана и Списса (1938г.). Это повысит доказательность теории ибудет хорошим применением ранее полученных знаний по основам электродинамики. В процессе экспериментального преподавания был также сделан элементарный, но достаточно строгий вывод формулы зависимости массы от скорости, основанный на законе сохранения импульса и применении первого постулата теории относи­тельности.

Пятый существенный признак массы (масса - мера полной энергии) исключительно важен как в мировоззренческом плане, так и с точки зрения практического применения. Ведь вся, (а не только ядерная) энергетика основана на этом законе. При изучении основ теории относительности устанавливается взаимосвязь массы и энергии, вводится формула Эйнштейна $Е=mс^{2}$ и рассматривается ее физический смысл.

 Детальное изучение этого признака с доведением до уровня практического применения проводится при изложении ядерной физики. Этот материал изложен в учебнике так, что многие учащиеся воспринимают закон взаимосвязи массы и энергии как применимый только в ядерной физике. Учеников надо убедить на конкретных примерах, что во всех без исключения явлениях природы наряду с законом сохранения энергии соблюдается закон сохранения релятивистской массы. Этого можно добиться целенаправленной последовательно используя закон Эйнштейна сначала на примере задач механики, затем рассматривая явления молекулярной физики, термодинамики и химических превращений, далее изучая процессы внутри атома – ионизация, линейчатые спектры и только потом ядерные превращения.

 Такая последовательность применялась в педагогическом эксперименте и дала положительный результат. В переработанном издании задачника Рымкевича А.П. и др. система упражнений направлена на развитие процесса формирования массы по пятому существенному признаку. В результате, учащиеся убеждаются, что нет никакой принципиальной разницы в тепловой и атомной электростанций: реакция горения, подчиняется тому же закону, которым описывается термоядерная реакция. В обоих случаях суммарная масса покоя продуктов реакции меньше суммарной массы компонентов, вступающих в реакцию, в обоих случаях сохраняется релятивистская масса. Качественных отличий нет, разница только в количестве: превращенная энергия и, соответственно, масса в процессах, идущих на уровне ядра в миллионы раз больше, чем в процессах, идущих на уровне атома и еще больше, чем в молекулярных и механических явлениях.

Особые трудности возникают при формировании понятия массы по шестому существенному признаку (неаддитивность массы покоя). Аддитивность массы кажется настолько очевидной, соответствующей «здравому смыслу», что это положение встречается иногда в весьма, солидных изданиях. Аддитивность массы покоя вытекает из жизненно-бытовых представлений о предметах иих свойствах, которые сплошь и рядом оказываются ограниченными и иллюзорными. В учебнике 9 класса, к сожалению, специально подчеркивается вопрос об аддитивности массы. При общем четком и современном изложении, это выглядит возвратом к устаревшим представлением к трактовке массы как меры количества вещества в теле.

Ученикам 7-9классов невозможно доступно и строго объяснить, что масса покоя системы лишьприближенно равна сумме масс составляющих ее частей. Поэтому целесообразнее всего было бы в 9 классе ничего не упоминать по этому поводу и уж конечно, ни коим образом, не выделять. При решенииконкретных задач следует использовать аддитивность массы как нечто привычное из жизненного опыта, не привлекая к этому вопросу внимания учащихся. С точки зрения современной физики это вполне правомерно, поскольку в явлениях классической механики неаддитивность массы исчезающие мала и обнару­жена быть не может. При таком подходе семантический, потенциал, правда, был бы нулевым, но не отрицательным, каким он становится в методике, предложенной в учебнике.

 Вопрос о неаддитивности массы покоя рассматривается в 11 классе при

изучении ядерной физики. В учебнике говорится "...масса покоя ядра всегда меньше сумм масс покоя слагающих его протонов и нейтронов...", но ни здесь, ни при изложении основ теории относительности не вносится уточнение о том, что не только масса ядра, но и масса любого тела не обладает свойством аддитивности. Таким образом, аддитивность массы, сформулированная в 9 классе, не получает в дальнейшем опровержения, - неаддитивность массы ядра выступает как некоторое исключение.

 При формировании понятия массы по шестому существенному признаку

также необходима система упражнений, показывающая на конкретных примерах порядок величины разницы массы покоя целого и суммы масс покоя

компонентов начиная с макроуровня и кончая ядерной физикой. Этот вопрос имеет большое значение и для реализации межпредметных связей курсов физики и химии. Дело в том, что в курсе химии, рассчитывая экзо- и эндотермические реакции, считают сумму масс покоя вступающих в реакцию компонентов равной сумме масс конечных продуктов. На уроках физики необходимо объяснить химические реакции с точки зрения закона сохранения релятивистской массы.

Окончательное развитие понятия мессы получает при изучении основ квантовой физики (седьмой существенный признак). Для более глубокого усвоения этого признака необходимо ознакомить учащихся с современными экспериментальными фактами, вскрывающими специфику трактовки массы квантов электромагнитного поля -фотонов. Здесь следует разобрать движение фотонов в поперечном (опыт Эддинктона, и продольном (красное смещение в спектре белых карликов; опыт Р.Паунда и Р. Ребки) гравитационных полях.

Предложенная методика проверилась в школах Санкт-Петербурга. Эксперимент показал, что учащиеся с интересом воспринимают материал и достаточно глубоко его усваивают.