ИЗУЧЕНИЕ ОБЩЕНАУЧНОГО ПОНЯТИЯ «МАССА» В ПРОФИЛЬНОЙ ШКОЛЕ

Analysis of studying of the general scientific concept "weight" of profile school

Дубицкая Лариса Владимировна, *кандидат педагогических наук, доцент кафедры физики, теории и методики обучения физике и прикладной информатики, ГАОУ ВПО «Московский государственный областной социально-гуманитарный институт».*

l.v.dubi@yandex.ru

Понятие «масса» - одно из первых естественнонаучных понятий, относится к категории общенаучных понятий. Анализ предметного изучения «массы» в школе позволяет судить об отсутствии целостностного подхода к изучению содержания данного понятия.

The concept "weight" - one of the first natural-science concepts, belongs to category of general scientific concepts. The analysis of subject studying of "weight" at school allows to judge lack of tselostnostny approach to studying of the content of this concept.

Ключевые слова: **масса, инертность, гравитация, энергия, аддитивность, естественнонаучный, межпредметные связи.**

Keywords: **weight, inertness, gravitation, energy, additivity, natural-science, intersubject communications.**

Одной из актуальных проблем современного процесса обучения является проблема формирования у школьников целостных представлений об окружающем мире и месте человека в нем. Чаще всего знания, получаемые учащимися на протяжении всех лет обучения, предстают в разобщенном, бессистемном виде, не связанные между собой общими законами природы. В результате современные школьники, начиная изучать естественнонаучные дисциплины, воспринимают их, практически не связывая друг с другом и, тем более, с внешним миром.

Поэтому современное образование требует преодоления разрозненности учебных предметов и проблема взаимосвязи школьных дисциплин является одной из актуальных в современной дидактике, психологии и методике преподавания.

Сквозными элементами, пронизывающими весь учебный материал, могут стать философские категории, такие как понятие, явление, закон, принцип, теория, естественнонаучная картина мира.

Учитывая общенаучный характер понятий (масса, энергия, вещество, атом, температура), явлений (диффузия, теплопроводность, поверхностное натяжение, энтропия, радиоактивность и т.п.), законов сохранения (энергии ,импульса, момента импульса и т.п.),принципов (соответствия, симметрии, причинности, дополнительности), естественнонаучной картины мира можно представить изучение предметов естественнонаучного блока в соответствующей системе, тем самым реализуя интеграцию учебного материала на уровне целостности.

Понятие массы - одно из тех, вокруг которых в естественнонаучной и методической литературе ведутся и постоянно возникают новые научные споры. Изучая явления и процессы, протекающие в природе, ученые всегда стремились к поиску наиболее общих закономерностей, управляющих развитием окружающего мира.

Со времен древнегреческих философов и до окончания эпохи средних веков основным методом научного знания являлись умозрительные заключения без попыток количественного описания наблюдаемых явлений.

Сравнение окружающих объектов по их характерным свойствам требовало введения некоторых понятий, эталонов, с помощью которых можно было бы охарактеризовать окружающие тела. Одним из первых естественнонаучных понятий и стало понятие «масса».

Каждая из наук подходила к определению данного понятия посвоему. Впервые им заинтересовались древние философы. Объекты, обладающие массой, можно было разделить на отдельные части. Приобретая один большой кусок серебра, покупатель рассчитывал на то, что сумма масс отдельных кусков, на которые он собирался в дальнейшем разделить своё приобретение, будет равна массе исходного куска.

Применение сравнительного способа измерения некоторого общего свойства тел, которое наблюдается у тел разных объемов, различной структуры подводило ученых к мысли о существовании такого объединяющего качества вещества как масса. Причем, измеряемое вещество должно было иметь свойство делиться на отдельные части.

Согласно утверждениям Демокрита, существует бытиё, состоящее из бесчисленного количества неизменных неделимых атомов, и небытиё - бесконечная пустота, в которой они движутся. Следовательно, существует предел деления вещества. Следуя же за Аристотелем, мы должны согласиться, что вещество бесконечно делимо. В средние века точка зрения Аристотеля была господствующей в науке [2].

Бесспорна роль химии при определении данного понятия, поскольку закон сохранения массы был установлен в ходе проведения многочисленных химических опытов. Исторически к открытию данного закона пришел Ломоносов, анализируя работы английского химика Бойля, который прокаливал металлы в открытой реторте, Бойль взвешивал металлы до и после нагревания и обнаружил, что масса металлов становиться больше. При этом Бойль не учитывал роль воздуха, компоненты которого могут при нагревании взаимодействовать с металлами (например, кислород).

В отличие от Бойля, Ломоносов прокаливал металлы не на открытом воздухе, а в заполненных ретортах. Проведя серию опытов, он обнаружил, что масса веществ до и после реакции не изменяется. Кроме того, он установил, что при прокаливании к металлу присоединяется какая-то часть воздуха (в то время кислород еще не был открыт). Формулировка его

закона будет приведена позже – при изложении материала одного из учебников по химии.

В то же время, данный закон логически вытекает из атомарной гипотезы и предположения, что масса целого равна сумме масс отдельных составляющих. Атомы - это элементарные носители такого свойства вещества как масса.

В ходе химических реакций происходит перегруппировка атомов, из которых состоят исходные вещества, сами же атомы не претерпевают изменений, а потому масса вещества, вступившего в реакцию, должна равняться массе продуктов реакции. К такому выводу независимо от Ломоносова пришел Лавуазье. Необходимо напомнить, что в то время ещё никто не наблюдал ни молекул, ни атомов, поэтому подобное обоснование результатов сравнительного взвешивания исходных и конечных продуктов можно считать гениальным.

Однако, более фундаментально, что собой представляет данное понятие, было рассмотрено в науке-физике. Прежде чем переходить к физическому пониманию массы, попытаемся выяснить какие же знания должен иметь выпускник профильной школы в аспекте интересующего нас вопроса. Для этого рассмотрим некоторые пособия, рекомендованные авторами для подготовки к ЕГЭ.

Пример № 1.

«Изучив курс химии, обучающийся должен справиться со следующей задачей:

Масса соли, которая вводится в организм при вливании 353 г. физиологического раствора, содержащего 0,85% по массе поваренной соли, равна -……г. (Запишите число с точностью до целых)»[18, С.249].

Пример № 2.

«В курсе физики должны быть сформированы знания, позволяющие решить следующую задачу:

На рисунке приведена ячейка таблицы Д.И.Менделеева. Согласно информации из этой таблицы, масса молекулы кислорода равна

8 **O** 15,994

1) 8г; 2) 16г; 3) 0,032; 4) $5{,}3*10^{-26}$» [16, С.56].

Пример № 3.

В биологии рассматриваются задачи следующего вида:

«Молекулярная масса полипептида составляет 30000. Определите длину кодирующего его гена, если молекулярная масса одной аминокислоты в среднем равна 100, а расстояние между соседними нуклеотидами в цепи ДНК составляет 0,34 нм» [3, С.275].

Не трудно заметить, что первые два примера иллюстрируют понимание данного понятия на уровне молекулярно-кинетической теории, которую дети вначале изучают в курсе физики 7 класса, затем, более детально, в курсе химии 8 класса, и дублируются полученные знания в курсе физики 10 класса. Однако понятие «молекулярной массы» в школьном курсе биологии не вводится вообще, и используется без учета межпредметных связей.

Поэтому единого представления о том, что же такое, например, «молекулярная масса» у выпускника школы сформировано быть не может.

Рассмотрим подробнее на примере некоторых учебных пособий, как в настоящее время в школьном курсе формируется данное общенаучное понятие.

Впервые детальное представление встречается в курсе естествознания 5 класса авторов Алексашиной И.Ю., Орещенко Н.И.: «Каждое физическое тело имеет размер, форму объем, массу, определенный запас энергии и другие характеристики. По этим характеристикам тела или сходны или отличаются друг от друга. Например, резиновый мяч и мыльный пузырь имеют одинаковую форму, но масса и объем у них различны… Характеристики тел могут быть измерены, определены и изучены в наблюдении и опытах. Их выражают соответствующими физическими величинами» [1, С.46]. Далее рассматривается способ определения массы тела путем взвешивания на рычажных весах. Можно рассказать обучающимся, что самым старым, найденным при раскопках в Египте чашечным весам около 7 тысяч лет. При рассмотрении авторами учебника основных положений МКТ следует, что «… молекулы (и атомы) одного вещества одинаковы по массе, размерам, свойствам» [1, С.71].

В курсе биологии 6 класса автор учебника Пасечник В.В. использует данное понятие, не определяя его и не вводя единицу измерения. В параграфе №8 «Шляпочные грибы» приводится пример: «С 1м^2 собрали более 20 кг плодовых тел шампиньонов» [7, С.45].

В курсе физики 7 класса данное понятие вводится следующим образом: «С понятием масса мы часто встречаемся в повседневной жизни. В магазинах масса продуктов и строительных материалов указана на их упаковке, СМИ сообщают массу спутников и космических кораблей …». Массой обладают все тела: жидкие, твердые, газообразные, дается определение массы: «Физической величиной, характеризующей свойство каждого тела притягиваться к Земле, является масса этого тела… Чем больше масса тела, тем сильнее оно притягивается к Земле [19, С.65].

Затем следует: «если не добавлять к телу вещества и не отделять от него ни одной частички, то массу тела изменить невозможно: тело можно нагреть или охладить, расплавить, растянуть или сжать, раздробить или растворить, даже переместить на другую планету, однако его масса при этом останется прежней; …если из двух тел массами m_1 и m_2 составить одно, то его масса будет равна сумме масс этих тел: $m = m_1 + m_2$ » [19, С.66].

Далее вводится единица массы и рассказывается об эталоне – цилиндре диаметром и высотой 39 мм, изготовленного из платиноиридиевого сплава (90% платины и 10% иридия). Эту единицу называют килограммом. Эталон килограмма хранится в специальном хранилище во Франции, в городе Севр.

Затем приводится масса различных тел, выраженная в килограммах: красной кровяной клетки - 10^{-13}, паутинки - 4 10^{-9}, муравья - $4 \cdot 10^{-5}$, слона - 4500, Земли - $6 \cdot 10^{24}$, Солнца - $2 \cdot 10^{30}$. Говорится, что массу тел, недоступных взвешиванию, определяют иными способами, правда, какими именно авторы не уточняют.

Иной подход к изложению данного понятия можно найти в учебнике физики для 7 класса авторов Пурышевой Н.С., Важеевской Н.Е., где изложение материала начинается с изучения опыта: «Возьмем два одинаковых по объему шарика: один металлический, а другой – шарик от пинпонга. Одновременно приведем их в движение (например, линейкой). Оба шарика начнут двигаться, но легкий шарик придет в движение очень быстро, а тяжелый гораздо медленнее. Значит, тела обладают некоторым свойством, характеризующим их способность по-разному изменять скорость с течением времени. Это свойство носит название инертности. Говорят, что масса есть мера инертности» [10, С. 51-52].

В третьем учебнике физики автор Перышкин А.В. для того же 7 класса понятие «масса» изучается через взаимодействие.

Начинают объяснение исходя из опыта с двумя тележками, между которыми находится сжатая пружина, предварительно зафиксированная нитью. После того, как нить пережигают, тележки разъезжаются с различными скоростями. Про тележку, которая приобретает после взаимодействия меньшую скорость, говорят, «что она массивнее другой тележки, т.е. у нее большая масса. Скорости, которые приобретают тележки, можно измерить. По этим скоростям сравнивают массы взаимодействующих тележек» [8, С. 44].

Таким образом, ознакомившись с материалом разных учебников для курса физики 7 класса, учитель не только должен определиться о какой массе он будет рассказывать обучающимся: о гравитационной или инертной, но и выбрать вариант изложения данного материала.

Рассмотрим, каким образом раскрывается понятие «масса» в курсе химии средней школы. В 8 классе учащиеся на уроках химии знакомятся с новым Автор учебника Кузнецова Л.М. пишет: «Можно представить, сколь мала масса одного атома. И определить ее не просто. Проще определить, во сколько раз масса атома одного элемента больше или меньше массы атома другого. Для этого нужен эталон, т.е. единицу сравнения масс атомов всех элементов. Впервые массу легчайшего из атомов - атома водорода предложил использовать в качестве эталонной английский ученый Джон Дальтон в 1803-1804 годах. А в 1814году шведский химик Йенс Якоб Берцелиус ввел новые величины атомных масс, взяв за эталон атомную

массу кислорода, которая была принята за 100» [4, С. 36]. Это связано с тем, что в то время кислородосодержащих веществ было известно больше, чем веществ, содержащих водород. В наше время принята единица атомной массы, равная 1/12 массы более легкого атома углерода (в природе разновидность данного изотопа составляет 98,89%). «Относительная атомная масса является усредненной величиной для всех разновидностей атомов данного химического элемента» [4, С.52]. Зная относительные атомные массы водорода и кислорода, можно вычислить, например, относительную молекулярную массу воды: $M_r(H_2O)=A_r(O)+2A_r(H)=16+2*1=18$.

Далее речь идет о молярной массе, которая определяется как: «суммарная масса всех частиц, содержащихся в 1 моль вещества. Молярная масса позволяет рассчитывать массу любого количества вещества. Даже немолекулярное вещество может иметь молярную массу» [4, С. 37].

В курсе химии также изучается понятие массовой доли элемента, которая показывает, какую часть составляет масса этого элемента от массы всего вещества.

В другом учебнике химии авторов В.В.Еремина, Н.Е. Кузьменко, А.А. Дроздова, В.В.Лунина данное понятие излагается иначе: «Относительная атомная масса величина безразмерная, подобно всем другим относительным величинам. Ее нельзя путать с *абсолютной массой атома,* выраженной в атомных единицах массы» [17, С. 36]. В некоторых учебниках используют абсолютные единицы: например, масса атома кислорода равна: 16 а.е.м. Нужно помнить о том, что 1 а.е.м. = $1,66 * 10^{-27}$кг. Это очень маленькая величина она меньше килограмма примерно во столько же раз, во сколько масса человека меньше массы земного шара» [17, С. 36].

В вышеприведенном пособии [17] приводится закон сохранения массы веществ: в результате химических превращений масса веществ остается неизменной - общая масса всех исходных веществ равна общей массе всех продуктов реакции. Данный закон установили французский химик Антуан Лоран Лавуазье и независимо от него русский ученый Михаил Васильевич Ломоносов, который сформулировал закон сохранения материи (1758г.): «Все перемены, в натуре случающиеся, такого суть состояния, что сколько чего у тела отнимется, столько же присовокупится к другому. Так, ежели где убудет несколько материи, то умножится в другом месте» [12, С. 40].

В курсе физики 10 класса учащиеся вновь встречаются с понятием «масса», и методика его изучения практически не отличается от вышеприведенной в курсе химии: «Относительной молекулярной массой вещества M_r называют величину, равную отношению массы молекулы m_0 данного вещества к 1\12 массы атома углерода m_{oc}: $M_r= m_0 \div 1\backslash 12\ m_{oc.}$ Молярной массой называют массу количества вещества 1 моль» [11, С.89].

Таким образом, понятие «масса» с позиций молекулярно-кинетической теории более детально вводится в курсе химии.

Однако необходимо отметить, что в курсе физики данное понятие встречается многократно и его развитие идет по спирали. До раздела «Механика» в 10 классе масса вводилась и как мера инертности, и как мера гравитации. В пособии авторов Пурышевой, Н.Е.Важеевской, Д.А.Исаева впервые появляется ясность по данному вопросу: «С одной стороны, масса характеризует инертные свойства тел, а с другой стороны, масса характеризует гравитационные свойства тел, т.е. свойства, связанные с тяготением. Вы знаете, что сила тяжести, действующая на тело, зависит от его массы. Опыты показывают, что инертная масса тела в точности равна его гравитационной массе, затем речь идет об аддитивности массы: «масса системы тел равна сумме масс тел, составляющих данную систему» [11, С. 28]. Впервые с понятием аддитивности массы учащиеся встречаются в курсе физики IX класса.

Нужно показать, что, когда с эталоном массы (1 кг) взаимодействует тело, состоящее из двух соединенных вместе одинаковых тел (цилиндров, шаров), отношение модулей ускорений увеличивается в 2 раза, т.е. масса соединенных вместе тел в 2 раза больше, чем одного.

Учитель подчеркивает, что это свойство называется аддитивностью. (Уместно напомнить учащимся, что с понятием аддитивности величин они уже знакомились на уроках математики при изучении, например, длины линии, площади поверхности, объема тела.)

«Далее при изучении закона сохранения импульса в IX классе можно доказать теоретически, что общая масса системы двух разных тел равна сумме их масс. (При этом применяется принцип относительности Галилея, уже знакомый учащимся)» [14, С. 50].

К вопросу об аддитивности массы в профильной школе, желательно вернуться после рассмотрения данного понятия в теории относительности.

Таким образом, в классической физике Ньютона масса выступает в двух различных ролях. С одной стороны, это мера инертности тел, то есть индивидуальное свойство любого тела, отражающее невозможность мгновенно изменять скорость, а с другой стороны – это гравитационная масса, то есть величина, от которой зависит сила притяжения между объектами.

Ньютон сам проводил многочисленные эксперименты по движению тел в поле притяжения Земли и обнаружил, что инертная и гравитационная массы прямо пропорциональны друг другу, и при соответствующем выборе единиц измерения могут быть представлены одной и той же величиной.

В классической механике Ньютона всё строго определено, зная начальное положение, начальную скорость и массу объекта можно через гравитационное взаимодействие с другими объектами определить действующие на исходный объект силы, а через уравнения движения принципиально возможно рассчитать дальнейшую судьбу всей совокупности тел.

В специальной теории относительности Эйнштейна связь между энергией частицы, её импульсом и массой стала иной. Вначале это было просто следствием математических преобразований с физическими величинами, в основу которых были положены два утверждения: одно из них просто аксиоматическое: принцип относительности, а другое - экспериментально установленный факт - постоянство скорости света в вакууме во всех инерциальных системах отсчета.

И, как следствие этой теории, появилась связь между энергией покоя частицы и её массой.

Анализ учебной литературы для профильной школы позволяет констатировать, что именно этот вопрос недостаточно полно изложен в учебниках. В пособии Мякишева Г.Я. отмечено, что «точнейшие измерения масс ядер показывают, что масса покоя ядра всегда меньше суммы масс покоя слагающих его протонов и нейтронов» [5, С. 372].

Масса вещества может не сохраняться, частично превращаясь в энергию. Собственно, этому превращению мы и обязаны своим существованием, т.к. приходящая на Землю энергия в виде светового излучения, образуется внутри звезд, в результате термоядерных реакций синтеза ядер водорода в ядра гелия. А в двадцатых годах этого столетия настоящее утверждение было всего-навсего одной из многочисленных гипотез.

Фотоны не имеют массы, но обладают энергией (это явно можно наблюдать, когда поверхности тел нагреваются, поглощая падающие на них световые лучи) и импульсом, который удалось обнаружить только в тончайших опытах Лебедева по измерению светового давления.

Энергия фотонов может переходить в кинетическую энергию поглощающего их объекта, или превращаться во внутреннюю энергию тела, увеличивая его массу.

В пособии по теории и методике обучения физике дается следующее определение [13, с. 263]: «Масса является относительной величиной, зависящей от выбора системы отсчета. В теории относительности дается понятие о зависимости массы от скорости и записывается формула

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}.$$

где масса m - переменная величина». Далее указывается, что различие между массами m и m_0 заметно лишь при движениях со скоростями, приближающимися к скорости света. Затем рассматривается вопрос о взаимосвязи массы и энергии.

В 1989 г. в журнале "Успехи физических наук" была опубликована статья Л.Б. Окуня "Понятие массы (масса, энергия, относительность)". В статье утверждается, что имеет смысл только понятие инвариантной массы (массы покоя), а вводимое в ряде монографий и учебников, в частности школьных, понятие релятивистской массы архаично. В дальнейшем А.Б. Окунь решительно возражает против того, чтобы отношение E/c^2 обо-

значить через m и назвать релятивистской массой. При этом, разумеется, для частиц, имеющих массу покоя, справедливо соотношение:

$$E = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \cdot c^2$$

Для частиц, лишенных массы покоя, данная формула теряет смысл, поскольку при $m \to 0$ и $v \to c$, возникает неопределенность. В этом случае релятивистская масса фотона определяется формулой $m = E/c^2$ [6].

В учебнике для 11класса авторского коллектива в составе Н.С. Пурышевой, Н.Е.Важеевской, Д.А.Исаева, В.М. Чаругина соотношение $E_0 = mc^2$ считается одним из основных выводов теории относительности имеет огромное практическое значение. Оно показывает, что никакими средствами нельзя увеличить энергию тела, не увеличивая одновременно его массу. И наоборот: «всякое увеличение массы тела обязательно сопровождается увеличением его энергии. Но нельзя трактовать эту формулу как переход массы в энергию, так как энергия и масса - две физические величины, которые характеризуют разные свойства тела» [15, С.174]. Любое выделение или поглощение энергии связано с изменением массы.

При соединении атомов в молекулы выделяется энергия, которая прямо пропорциональна изменению массы (масса двух атомов водорода больше массы двухатомной молекулы водорода). При любой химической реакции, идущей с выделением энергии (экзотермической) масса продуктов реакции меньше, чем масса вступающих в реакцию веществ. К сожалению, обнаружить изменение массы в обычном эксперименте не удается, т.к. 1 Дж энергии эквивалентен ничтожной массе $\approx 10^{-17}$ кг. В то время, когда Эйнштейн пришел к этому выводу, не существовало ни одного экспериментального факта, который мог бы послужить проверкой данному заключению. Он предположил, что его догадку, возможно, удастся проверить при исследовании процессов радиоактивного распада.

И действительно, сейчас формула Эйнштейна играет основную роль при расчете ядерных реакций. «Если некоторая частица распадается на две другие, сумма масс которых меньше массы исходной частицы, то избыток массы, умноженный на квадрат скорости света, равен кинетической энергии разлетающихся частиц. Существуют ядерные реакции, избыток масс в которых достигает 1% от всей массы. Это соответствует выделению энергии 10^9 кДж на 1 г вещества, т.е. в миллион раз большей, чем в самых теплотворных химических реакциях. Экспериментальные данные подтверждают теоретические расчеты ядерных реакций» [15, С.176].

Анализируя вышеизложенное, можно констатировать, что на данный момент нет единого интегрированного подхода к изложению фундаментального, общенаучного понятия «масса» в профильной школе. Предметное изучение блока естественнонаучных дисциплин приводит, с одной стороны, к дублированию представления, например, о молекулярной массе,

а с другой стороны, остальные проявления данного свойства тела рассматриваются только в курсе физики.

🕮 БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексашина И.Ю., Орещенко Н.И. Естествознание : Учебник для 5 класса общеобразовательных учреждений.-СПб.: Специальная литература,1999.-191 с.: ил.
2. Джеммер. Понятие массы в классической и современной физике.- М.: Иностр. литература, 1967.
3. КирилленкоА.А., Колесников С.И. Биология. Тематические тесты. Подготовка к ЕГЭ : базовый, повышенный, высокий уровни. Новые задания 10-11 классы: учебно-методическое пособие. -Ростов н /Д: Легион,2013.-416с.
4. Кузнецова Л.М.Химия.8 класс: учеб. для общеобразоват. учреждений /Л.М. Кузнецова.-5-е изд., испр. – М. : Мнемозина, 2012.-223 с.
5. Мякишев Г.Я. О понятии массы в специальной теории относительности.- М.: Школа-Пресс» Физика в школе №4, 1994.- с.40-41.
6. Окунь Л. Б. Понятие массы (масса, энергия, относительность) // Успехи физических наук.- 1989.- Т. 158.- Вып. 3. - С. 511-530.
7. Пасечник, В.В. Биология. Бактерии, грибы, растения. 6 кл. : учеб. Для общеобразоват. учреждений/ В.В.Пасечник.-14-е изд., стереотип.- М. : Дрофа,2011.-304 с.
8. Перышкин А.В. Физика.7 кл.: Учеб. Для общеобразоват. учреждений.-7-е изд.,стереотип.-М.:Дрофа,2003.-192
9. Пинский А.А. Некоторые замечания к вопросу о релятивистской массе. - М.: Школа-Пресс» Физика в школе №4, 1994. - с.45
10. Пурышева Н.С., Важеевская Н.Е. Физика .7 кл.: Учеб. для общеобразоват.учеб.заведений.-М.: Дрофа,2011.-208 с.
11. Пурышева Н.С.Физика.10 кл. Базовый уровень :учеб. для общеобразоват. учреждений / Н.С. Пурышева, Н.Е.Важеевская, Д.А.Исаев.-М.:Дрофа,2007.-255.
12. Смородинский Я. И. Масса / БСЭ. Изд. 3-е. Т. 15.
13. Теория и методика обучения физике в школе: Частные вопросы: Учеб. пособие для студ.пед.вузов / С.Е.Каменецкий ,Н.С. Пурышева, Т.И. Носова и др.; под ред. С.Е. Каменецкого. М.: Издательский центр «Академия»,2000.-384с.
14. Турышев И.К. Об изучении понятия аддитивности массы в курсе физики средней школы.- М.: Школа-Пресс» Физика в школе №4, 1994.-с.50-
15. Физика.11 кл. Базовый уровень : учеб. для общеобразоват .учреждений / Н.С. Пурышева, Н.Е.Важеевская, Д.А.Исаев. В.М. Чаругин-М.: Дрофа,2008.-286с..
16. Ханнанов Н.К. ЕГЭ 2013. Физика. Сборник заданий/Н.К. Ханнанов, Г.Г. Никифоров, В.А. Орлов.- М. : ЭКСМО, 2010.-240 с.

17. Химия .8 класс: учеб. Для общеобразоват. учреждений/ В.В.Еремин, Н.Е. Кузьменко, А.А. Дроздов, В.В.Лунин; под.ред. проф.Н.Е. Кузьменко и акад. РАН В.В. Лунина.- 2-е изд,, стереотип.- М.: Дрофа,2013.-268с.
18. Химия .Подготовка к ЕГЭ-2013: учебно-методическое пособие/ Под ред. В.Н. Доронькина. -Ростов н/Д : Легион, 2012.-320с.
19. Шахмаев Н.М. Физика. 7 класс. В 2ч. Ч.1 : учеб. для общеобразоват. учреждений / Н.М. Шахмаев, Ю.И. Дик, А.В. Бунчук.- 5-е изд.. испр.- М.Мнемозина,2012.- 175с. : ил.