

Кансультацыі

ФИЗИЧЕСКИЕ ЗНАНИЯ КАК ОБЪЕКТ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ

В. М. Кротов /vmkrotov@tut.by/

Физические знания — конкретно-научные знания о строении материи и простейших формах её движения и взаимодействия. Они имеют определённую структуру и включают следующие составные элементы: научные факты, понятия, законы и закономерности, теории, методы познания.

Определим выделенные структурные элементы физических знаний. Физика является экспериментальной наукой. Для исследования физических объектов (макродтел, элементарных частиц, полей и др.) проводятся наблюдения за этими объектами в естественных условиях и (или) ставится специальный научный физический эксперимент, в котором целенаправленно изучаются определённые свойства физического объекта (например, инертность, теплопроводность, электропроводность и т. д.) в строго определённых условиях. Полученные в результате наблюдений и (или) эксперимента сведения называют научными фактами. Таким образом, *научные факты* — это знания, которые являются отражением происходящих в природе реальных явлений (свойств объектов), достоверность которых доказана, или научный факт — действительное, вполне реальное событие.

Установленные научные факты обрабатываются и анализируются. Обработка и анализ фактов предполагает их качественное и количественное описание путём выделения основных, существенных признаков, характерных для определённого класса явлений. В результате обобщения фактов формулируются физические понятия.

Физическим понятием называют мысль (знание), в которой отражены общие существенные свойства (стороны) физических объектов и явлений определённого класса,

существенные связи и отношения между ними. Слово или словосочетание, которое является точным названием определённого физического понятия, называется *физическим термином*.

Понятия являются важнейшей составляющей теоретического знания и основным средством формирования и накопления достигнутых человеком научных и практических знаний. Каждое понятие характеризуется содержанием и объёмом. Основным *содержанием* понятия называют совокупность существенных признаков описываемых физических объектов. Так, в основное содержание понятия о равномерном прямолинейном движении входят следующие отличительные признаки: равенство перемещений за любые равные промежутки времени, постоянство вектора скорости, равенство нулю вектора ускорения. Полное содержание понятия включает в себя и знания о связях данного понятия с другими понятиями.

Объёмом понятия называют класс обобщаемых объектов, являющихся элементами его объёма. Так, все планеты солнечной системы составляют объём понятия о планете.

Физические понятия можно разделить на следующие основные группы:

- о *материальных образованиях* — структурных элементах вещества и проявлениях физического поля;

- о *свойствах и состояниях материальных образований* — их качествах, признаках, составляющих отличительную особенность;

- о *явлениях* (всякое обнаружение проявления научного факта) и *процессах* (ход, развитие явления или последовательная смена состояний материального образования);

- об особенностях протекания процессов;
- о моделях материальных образований и процессов — схемах физических объектов, уменьшенных (или в натуральную величину) их воспроизведениях;

- о физических величинах — количественных характеристиках свойств материальных образований и их состояний, особенностей протекания явлений и процессов, то, что можно измерить, вычислить;

- о приборах и механизмах — приспособлениях, специальных устройствах, аппаратах для выполнения какой-нибудь работы, управления, регулирования, измерения.

Физические законы выражают необходимые, устойчивые, существенные связи между величинами, обусловленные существованием причинно-следственных связей между свойствами физических объектов или между явлениями и процессами, которые происходят в природе. Закон является важнейшей составляющей теоретического знания. Для того чтобы познать закон, необходимо раскрыть ту или иную сторону сущности исследуемого процесса или явления. В физических законах отражается то наиболее существенное, что есть в явлениях, которые реально происходят.

Физическое описание реальных объектов и явлений предполагает учёт только их существенных сторон, т. е. замену реального объекта или явления его идеальной физичес-

кой моделью. Модель — это созданный человеком аналог (схема, изображение описание и т. д.), который в определённом смысле имитирует, воспроизводит реально существующие процессы, составляющие объект научного исследования.

Необходимость моделирования физических объектов и явлений вытекает из недоступности или труднодоступности для непосредственного исследования, принципиальной невозможности полного описания всех свойств физических объектов и взаимосвязей между явлениями реального физического мира. Поэтому физика как наука может рассматриваться как физико-математическая модель реального мира.

Установление физических законов лишь описывает протекание физических явлений или поведение физических объектов. Объяснение же закона (т. е. почему данное явление происходит именно так) осуществляется на основании физической теории. Физическая теория — это высшая форма организации физических знаний, дающая целостное представление о закономерностях и существенных связях объекта данной теории.

Структуру физических знаний можно отразить блок-схемой, приведённой на рисунке 1.

В качестве примера выделим структурные элементы физических знаний в содержании обучения учащихся в 9 классе (таблица 1).

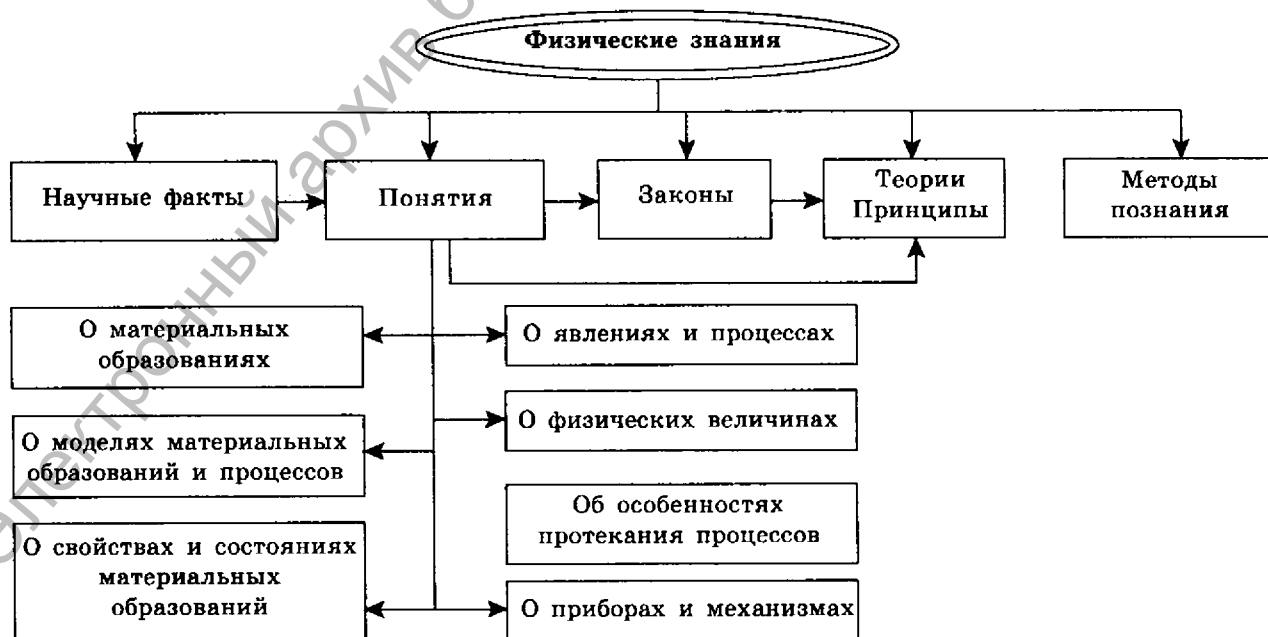


Рисунок 1

Таблица 1

Учебная тема	Основы кинематики	Основы динамики	Законы сохранения в механике
Понятия о:			
<i>явлениях и процессах</i>	Механическое движение	Взаимодействие тел, всемирное тяготение, земное притяжение, трение, деформация, изменение скорости тел при взаимодействиях	Реактивное движение; механическая работа
<i>свойствах и состояниях материальных образований</i>		Инертность, невесомость	
<i>моделях, материальных образований, процессов и явлений</i>	Физическое тело, материальная точка, система отсчёта, траектория, кинематический график скорости, ускорения, движения и пройденного пути, прямолинейное равномерное движение, прямолинейное равноускоренное движение	Инерциальная система отсчёта	Замкнутая система тел
<i>физических величинах</i>	Координаты, радиус-вектор, перемещение, скорость, ускорение, пройденный путь, радиус кривизны траектории, частота, период, центростремительное ускорение, угловая скорость	Сила, масса, сила всемирного тяготения, постоянная всемирного тяготения, сила тяжести, сила трения, коэффициент трения, вес тела, сила реакции опоры, коэффициент жёсткости, первая космическая скорость	Импульс тела, импульс силы; работа силы, работа силы тяжести, работа силы упругости, работа силы трения, энергия, потенциальная энергия, кинетическая энергия
<i>особенностях протекания явлений и процессов</i>	Криволинейное движение, прямолинейное движение, относительность механического движения	Трение покоя, трение скольжения, взаимодействие при соприкосновении, взаимодействие на расстоянии	
<i>приборах и устройствах</i>		Динамометр, искусственный спутник Земли	Ракета, реактивный двигатель
Принципы	Относительности движения	Независимости действия сил	
Законы и закономерности	Сложения перемещений, кинематические закономерности, описывающие прямолинейное равномерное движение, прямолинейное равноускоренное движение, равномерное движение по окружности, закон сложения скоростей	Законы Ньютона, закон всемирного тяготения, зависимость веса тела от ускорения его движения, закон Гука, зависимость силы тяжести, действующей на тело, от его массы, зависимость силы трения от силы реакции опоры	Закон сохранения импульса, закон сохранения механической энергии

Создание того или иного структурного элемента физических знаний предполагает описание его содержания. Содержание названных структурных элементов можно описать по следующим схемам.

Понятия:

✓ *о материальных образованиях* (структурных элементах вещества и проявлениях физического поля): название, отличительные признаки, свойства и количественные характеристики;

✓ *о явлениях и процессах*: название, отличительные признаки, условия протекания, механизм, законы, описывающие процесс, связь с другими явлениями, проявление и применение;

✓ *о моделях материальных образований и процессов*: название, описание, вид, характеристики условий совпадения свойств реальных объектов и их моделей;

✓ *о свойствах и состояниях материальных образований*: название, описание, количественные характеристики;

✓ *об особенностях протекания явлений и процессов*: название, описание, проявление и применение;

✓ *о физических величинах*: название, что характеризует, единицы измерения, связь с другими величинами, способы измерения, принимаемые значения, векторная или скалярная;

✓ *о приборах и устройствах*: название, назначение, принцип действия, устройство, технические характеристики, применение.

Законы и закономерности: название, математическая запись, формулировка, опыты, подтверждающие закон, область действия и применения.

Физические теории:

■ *основание* (эмпирический базис, научные факты, идеализированный объект и его свойства, физические величины как характеристики идеализированного объекта и их измерение, правила операций с физическими величинами);

■ *ядро* (постулаты, принципы, уравнения, общая модель связей и отношений, заложенных в теоретическом обобщении и относящихся к идеализированному объекту);

■ *следствия* (количественные, конкретные выводы из ядра теории, восхождение от абстрактного к конкретному);

■ *экспериментальная проверка следствий* (проверка теории в эксперименте);

■ *практическое применение результатов теории*.

Содержание структурных элементов физических знаний одного и того же вида (типа) в процессе учения *воссоздается* (конструируется) по одному алгоритму, многократное применение которого позволяет учащимся усвоить не только содержание физических знаний, но и *способ познавательной деятельности* (алгоритм, который является основой ориентировочной деятельности).

Приведём описание содержания структурных элементов физических знаний по кинематике для 9 класса (таблица 2).

Таблица 2

Явления и процессы						
Название	Отличительные признаки	Условия протекания	Механизм	Законы, описывающие явления	Связь с другими явлениями	Проявление и применение
Механическое движение	Изменение положения тела в пространстве относительно других тел с течением времени	Некомпенсированное воздействие	—	Кинематические уравнения. Закон сложения скоростей	Взаимодействие	Движение транспорта, механизмов, частей станков, спутников

Модели материальных образований, процессов и явлений		
Название модели	Описание, характеристики	Условия совпадения свойств реальных объектов и их моделей
Материальная точка	Тело, размеры которого в данных условиях можно не учитывать	Размеры тела малы по сравнению с расстоянием их наблюдения или пройденным им путём. При поступательном движении тела
Система отсчёта	Реальное или условное тело, с которым связана система координат, снабжённая часами и используемая для определения положения исследуемых физических тел в различные моменты времени	
Траектория	Линия, вдоль которой движется тело	
Кинематический график скорости	Графическое изображение зависимости проекции скорости тела на ось (модуля скорости) от времени	
Кинематический график ускорения	Графическое изображение зависимости проекции ускорения тела на ось (модуля ускорения) от времени	
Кинематический график движения	Графическое изображение зависимости координаты тела от времени	
Кинематический график пути	Графическое изображение зависимости пройденного телом пути от времени	
Прямолинейное равномерное движение	Движение, при котором тело за любые равные промежутки времени совершает одинаковые перемещения	Для некоторого промежутка времени относительное изменение скорости прямолинейного движения тела мало
Прямолинейное равноускоренное движение	Движение, при котором скорость тела за любые равные промежутки времени изменяется одинаково	Для некоторого промежутка времени относительное изменение ускорения прямолинейного движения тела мало
Свободное падение тела	Движение тела только под действием силы тяжести	Падение тел в воздухе, если $F_T \gg F_c$

Физические величины						
Название	Что характеризует	Единицы измерения	Связь с другими величинами	Способы измерения	Принимаемые значения	Векторная или скалярная
1	2	3	4	5	6	7
Координаты (x, y, z)	Положение тела в пространстве	м	$x = x_0 + v_x t$ $x = x_0 + v_x t + \frac{a_x t^2}{2}$	Линейкой, косвенно	$-\infty < x < +\infty$ $-\infty < y < +\infty$ $-\infty < z < +\infty$	Скалярная
Перемещение ($\Delta \vec{r}$)	Изменение положения тела в пространстве	м	$\Delta \vec{r} = \vec{v} \cdot t$ $\Delta \vec{r} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$	Линейкой, косвенно	$0 \leq \Delta r < +\infty$	Векторная
Скорость равномерного движения (\vec{v})	Быстроту изменения положения тела в пространстве	м/с	$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{t}$	Спидометром, косвенно	$0 \leq v < 3 \cdot 10^8$ м/с	Векторная
Мгновенная скорость ($\vec{v}_{\text{мгн}}$)	Быстроту изменения положения тела в пространстве	м/с	$v = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$ $\Delta t \rightarrow 0$	Спидометром, косвенно	$0 \leq v < 3 \cdot 10^8$ м/с	Векторная

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
Средняя скорость (\bar{v})	Быстроту изменения положения тела в пространстве	м/с	$\langle \bar{v} \rangle = \frac{\Delta \vec{r}}{t}$	Косвенно	$0 \leq v < 3 \cdot 10^8$ м/с	Векторная
Мгновенное ускорение (\bar{a})	Быстроту изменения мгновенной скорости	м/с ²	$\bar{a} = \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t}$ $\Delta t \rightarrow 0$	Акселерометром, косвенно	$0 \leq a < +\infty$	Векторная
Ускорение равноускоренного движения (\bar{a})	Быстроту изменения мгновенной скорости	м/с ²	$\bar{a} = \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t}$	Акселерометром, косвенно	$0 \leq a < +\infty$	Векторная
Пройденный путь (l)	Изменение положения тела при движении по заданной траектории	м	$l = v \cdot t$	Курвиметром, косвенно	$0 \leq l < +\infty$	Скалярная
Ускорение свободного падения (\bar{g})	Быстроту изменения скорости при его свободном падении	м/с ²	$\bar{g} = \frac{\bar{v} - \bar{v}_0}{t}$	Косвенно	$g = 9,8$ м/с ²	Векторная
Частота (ν)	Быстроту вращения тела	1 Гц = = 1 с ⁻¹	$\nu = \frac{N}{t}$	Тахометром, косвенно	$0 \leq \nu < +\infty$	Скалярная
Период (T)	Длительность одного полного оборота	с	$T = \frac{t}{N}$	Секундомером, косвенно	$0 \leq T < +\infty$	Скалярная
Угловая скорость (ω)	Быстроту изменения угла поворота	рад/с	$\omega = \frac{\Delta \varphi}{t}$	Косвенно	$0 \leq \omega < +\infty$	Векторная
Центростремительное ускорение ($\bar{a}_{ц.с.}$)	Быстроту изменения направления вектора скорости	м/с ²	$a = \frac{v^2}{R}$	Косвенно	$0 \leq a < +\infty$	Векторная

Особенности явлений и процессов

Название	Описание особенностей	Проявление и применение
Криволинейное движение	Траектория — кривая линия. Её можно представить как совокупность движений по дугам окружностей	Движение планет, спутников, тел, брошенных горизонтально и под углом к горизонту
Прямолинейное движение	Траектория — прямая линия	Движение транспорта на прямых участках дороги
Относительность механического движения	Зависимость покоя и параметров движения от выбора системы отсчёта	Субъективное восприятие движения и покоя

Законы и закономерности				
Название	Математическая запись	Устанавливает связь между величинами	Границы (область) применения	Примеры использования и учёта действия
Кинематические закономерности (уравнения), описывающие прямолинейное равномерное движение	$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{t}$ $\Delta \vec{r} = \vec{v} \cdot t$ $x = x_0 + v_x t$	Координаты, скорость, время, перемещение	При применении модели равномерного прямолинейного движения материальной точки	Движение транспорта, молекул
Кинематические закономерности (уравнения), описывающие прямолинейное равноускоренное движение	$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} \cdot t$ $\Delta \vec{r} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$ $x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$	Координаты, скорость, время, перемещение, ускорение	При применении модели равноускоренного прямолинейного движения точки (тела)	Движение транспорта при торможении и разгоне
Кинематические закономерности (уравнения), описывающие равномерное движение тела по окружности	$a_{ц.с} = \frac{v^2}{R}$ $v = \omega \cdot R$ $v = \frac{2\pi R}{T}$	Центростремительное ускорение, скорость, радиус кривизны, угловая скорость, период	При применении модели движения по окружности с постоянной по модулю скоростью	Движение ИСЗ, деталей станков и механизмов

Моделирование учебного процесса по организации самостоятельной познавательной деятельности учащихся предполагает структурирование предметных знаний как части общественной культуры, включающее группирование их составных (структурных) элементов в системы, обладающие относительной самостоятельностью и позволяющие в рамках 5–7 уроков обеспечить выполнение учащимися всех этапов познавательной деятельности: восприятия, осмысления, запоминания, применения, обобщения и систематизации. Такие системы структурных элементов пред-

метных знаний называют модулями содержания обучения (учебными модулями).

Каждый учебный модуль содержит внутренние и внешние логические и содержательные связи, которые определяют место и роль каждого структурного элемента модуля, и учебного модуля как системного образования.

Исходя из содержания рассматриваемых структурных элементов физических знаний, содержание обучения в рамках учебного модуля имеет смысл выстраивать в соответствии со следующей логической последовательностью, представленной на рисунке 2.

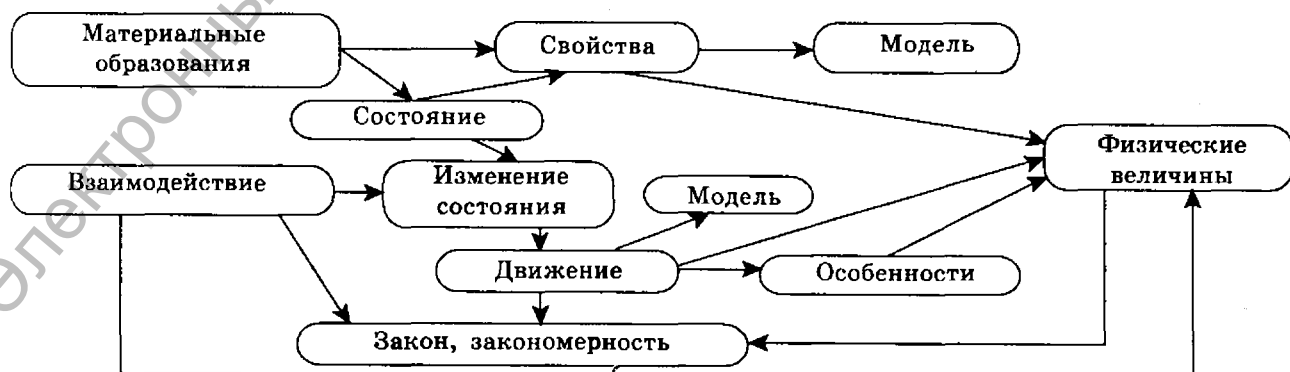


Рисунок 2

Так, например, в содержании знаний по механике в школьном курсе физики можно выделить следующие учебные модули:

- Механическое движение тел. Система отсчёта. Перемещение и скорость материальной точки.

- Равномерное прямолинейное движение.

- Равноускоренное прямолинейное движение.

- Равномерное движение материальной точки по окружности.

- Взаимодействие тел. Сила. Взаимосвязь между силой и ускорением.

- Всемирное тяготение. Сила тяжести. Движение тел под действием силы тяжести.

- Силы упругости. Силы трения.

- Импульс тела и системы тел. Импульс силы.

- Работа и мощность силы. Механическая энергия.

Модульное построение физических знаний позволяет:

- эффективно организовать планирование учащимися учебной познавательной деятельности;

- чётко определить эталоны усвоения физических знаний;

- экономно использовать учебное время через концентрированное проведение основных этапов познавательной деятельности учащихся;

- применять современные образовательные технологии, базирующиеся на идее модульного построения содержания обучения;

- осознанно подбирать и применять различные дидактические средства обучения;

- проводить объективную оценку знаний и умений учащихся;

- эффективно организовать рефлексию познавательной деятельности учащихся.

Одним из основных принципов определения содержания обучения физике в средней общеобразовательной школе является принцип генерализации знаний. Перспективным и оптимальным путём реализации принципа генерализации является группирование физических знаний относительно основных содержательных линий, в качестве которых целесообразно рассматривать:

- свойства (классические, релятивистские, квантовые) пространства и времени;

- материя, её виды (вещество и физическое поле) и свойства;

- физические виды движения материи (механическое, тепловое, электромагнитное и взаимное превращение частиц и поля);

- физические взаимодействия (гравитационное, электромагнитное, сильное и слабое) и их особенности.

Классическая механика исходит из следующих свойств пространства и времени:

1. Пространство и время существуют изначально и ничем в мире не порождаются.

2. В пространстве “вмещаются” все тела природы, в нём происходят все явления, но оно не испытывает на себе никакого их воздействия.

3. Ходу времени подчиняются все процессы в природе, но они не оказывают никакого воздействия на ход времени. Ход времени одинаково равномерен в прошлом, настоящем и будущем.

4. Пространство однородно и изотропно, а время однородно.

5. Пространство не изменяется с течением времени.

6. Пространство безгранично, а время простирается от настоящего неограниченно назад в прошлое и неограниченно вперёд в будущее.

7. Пространство трёхмерно, а время обладает одним измерением.

8. Пространство описывается геометрией Евклида. Промежутки времени отмеряются, складываются и вычитаются, как отрезки евклидовой прямой.

Каждое из свойств пространства, используемых в классической механике, не противоречит ни повседневному опыту человека, ни экспериментам в классической механике.

Современное естествознание опровергает “универсальность” пространства и времени. Длительность процессов и протяжённость объектов оказались зависимыми от скорости системы отсчёта. Современная физическая теория пространства и времени — теория относительности А. Эйнштейна. В ней пространство и время взаимосвязаны, образуют единое пространственно-временное многообразие.

В современной микрофизике подвергается сомнению универсальность пространственно-временного описания мира. Понимание пространства и времени в микромире носит двойственный характер. С одной стороны, в квантовой физике используются

классические представления о времени и пространстве, а с другой — квантовые закономерности фактически опровергают классические пространственно-временные представления, ограничивают область их применения.

В естествознании рассматривается два вида материи: *вещество* и *поле*. Вещество воспринимается человеком непосредственно органами чувств, а физическое поле — по действию на индикаторы. Физические поля безграничны и взаимопроницаемы.

Вещество в зависимости от внешних условий может находиться в одном из трёх состояний: *твёрдом*, *жидком* и *газообразном* и обладает механическими, тепловыми, электрическими, магнитными и оптическими свойствами.

Современная физика достигла больших успехов в изучении строения вещества, основанном на идеях дискретности и бесконечности познания.

Идея дискретности строения вещества возникла ещё в древности и развивалась многими философами и учёными. В ходе развития идеи дискретности вещества было введено понятие об *элементарной частице*.

Основными видами физического поля рассматривают *гравитационное* и *электромагнитное* поля. Отличительная особенность гравитационного поля состоит в том, что на помещённую в него материальную точку действует сила, пропорциональная массе этой точки.

Взаимодействие между электрически заряженными частицами или телами, движущимися произвольным образом относительно инерциальной системы отсчёта, осуществляется посредством *электромагнитного поля*, которое представляет собой совокупность двух взаимосвязанных полей — *электрического* и *магнитного*.

Разделение материи на вещество и поле является оправданным только для макропроцессов (на макроуровне). В микромире различие вещества от поля весьма условно.

Наиболее простой формой движения материи является механическое, состоящее в изменении взаимного расположения тел или их частей в пространстве с течением времени. Основными видами механического движения являются поступательное, вращательное и колебательное движение.

Под электромагнитным движением понимают изменение с течением времени состояния системы электрически заряженных частиц или электромагнитного поля. Видами электромагнитного движения материи являются:

- постоянный и переменный электрический ток;
- электромагнитные колебания и волны;
- индукция магнитного поля электрическим током;
- индукция электрического поля изменяющимся магнитным полем.

Все взаимодействия материи сводятся к одному из четырёх основных взаимодействий: *гравитационное*, *электромагнитное*, *сильное* и *слабое*. Фундаментальные взаимодействия различаются по ряду признаков, в том числе по расстояниям, на которых они проявляются, и по относительной интенсивности. Кроме того, взаимодействия различаются по специфическим законам сохранения и по “степени универсальности”.

Так, гравитационные взаимодействия проявляются у всех частиц, электромагнитные же требуют наличия электрического заряда (и в гораздо меньшей степени выражены для нейтральных частиц с магнитным моментом). Сильные взаимодействия имеют место не у всех частиц, а у частиц, называемых адронами, и не проявляются у другой группы — лептонов. Слабые взаимодействия “универсальнее” сильных; они характерны и для лептонов.

С позиции квантовой физики гравитационное взаимодействие осуществляется посредством обмена тел виртуальными частицами, названными гравитонами. Переносчиком электромагнитного взаимодействия является квант электромагнитного поля — γ -квант. Элементарный акт взаимодействия состоит в его поглощении или испускании в точке пространства в миг времени.

В пространственной области, меньшей $10^{-13} - 10^{-15}$ м, решающую роль по интенсивности играют сильные взаимодействия и проявляются слабые. Важнейшее проявление сильных взаимодействий — образование связанных систем из протонов и нейтронов, т. е. образование ядер из нуклонов. Исходя из общей схемы взаимодействий на уровне элементарных частиц посредником или носителем сильного взаимодействия являются пи-мезоны (π^+ , π^0 , π^-).

Слабые взаимодействия по сравнению с сильными и электромагнитными обладают некоторыми новыми принципиально важными особенностями. Существуют процессы, обусловленные именно слабыми взаимодействиями. Характерны в этом отношении распады элементарных частиц, запрещённые для сильных взаимодействий законом

сохранения странности. Большая часть нестабильных частиц распадается в течение времени, характерного для слабого взаимодействия.

Рассмотрим наполнение выделенных образовательных линий в содержании обучения физике по различным темам школьного курса физики (таблица 3).

Таблица 3

Название темы (класс)	Основные содержательные линии обучения физике			
	Модель пространство и времени	Виды материи	Виды движения материи	Виды взаимодействия материи
1	2	3	4	5
Введение. Строение вещества (6 кл.)	Классическая механическая	Вещество (молекулы)	Тепловое	Электромагнитное
Механическое движение и взаимодействие (7 кл.)	Классическая механическая	Вещество (твёрдое состояние)	Механическое (поступательное)	Гравитационное, электромагнитное
Работа и мощность. Энергия. Простые механизмы (7 кл.)	Классическая механическая	Вещество (твёрдое состояние)	Механическое (поступательное)	Гравитационное, электромагнитное
Давление твёрдых тел, газов и жидкостей (7 кл.)	Классическая механическая	Вещество (твёрдое, жидкое и газообразное состояния)	Тепловое	Гравитационное, электромагнитное
Тепловые явления (8 кл.)	Классическая механическая	Вещество (молекулы)	Тепловое	Электромагнитное
Электромагнитные явления (8 кл.)	Классическая механическая	Вещество (электрон), физическое (электрическое и магнитное) поле	Электромагнитное (постоянный электрический ток)	Электромагнитное (действие электрического поля на заряженные частицы, магнитного поля на проводник с током)
Световые явления (8 кл.)	Классическая механическая	Электромагнитное поле	Электромагнитное (волновое)	Электромагнитное
Основы кинематики (9 кл.)	Классическая механическая	Вещество (твёрдое состояние)	Механическое (поступательное и вращательное)	Гравитационное, электромагнитное
Основы динамики (9 кл.)	Классическая механическая	Вещество (твёрдое состояние)	Механическое (поступательное)	Гравитационное, электромагнитное
Законы сохранения в механике (9 кл.)	Классическая механическая	Вещество (твёрдое состояние)	Механическое (поступательное)	Гравитационное, электромагнитное
Основы молекулярно-кинетической теории (10 кл.)	Классическая механическая	Вещество (молекулы и атомы, твёрдое, жидкое и газообразное состояния)	Тепловое	Электромагнитное
Основы термодинамики (10 кл.)	Классическая механическая	Вещество (молекулы и атомы, газообразное состояние)	Тепловое	Электромагнитное

1	2	3	4	5
Электростатика (10 кл.)	Классическая механическая	Вещество (электрон), физическое (электростатическое) поле	Электромагнитное (движение электрически заряженных частиц под действием электростатического поля)	Электромагнитное (взаимодействие неподвижных заряженных частиц)
Постоянный электрический ток (10 кл.)	Классическая механическая	Вещество (электрон), физическое (электрическое) поле	Электромагнитное (постоянный электрический ток)	Электромагнитное (действие электрического поля на заряженные частицы)
Электрический ток в различных средах (10 кл.)	Классическая механическая	Вещество (электрон, ион, твёрдое, жидкое и газообразное состояния), физическое (электрическое) поле	Электромагнитное (электрический ток)	Электромагнитное (действие электрического поля на заряженные частицы)
Магнитное поле. Электромагнитная индукция (10 кл.)	Классическая механическая	Вещество, электромагнитное (магнитное) поле	Индукция магнитного поля электрическим током; индукция электрического поля изменяющимся магнитным	Электромагнитное (действие магнитного поля на движущиеся заряженные частицы)
Механические колебания и волны (11 кл.)	Классическая механическая	Вещество	Механическое (колебательное)	Электромагнитное
Электромагнитные колебания и волны (11 кл.)	Классическая механическая	Электромагнитное (электрическое и магнитное) поле	Индукция магнитного поля электрическим током; индукция электрического поля изменяющимся магнитным	Электромагнитное
Оптика (11 кл.)	Классическая механическая	Электромагнитное поле	Электромагнитное (волновое)	Электромагнитное
Основы СТО (11 кл.)	Релятивистская	Вещество	Механическое	
Фотоны. Действия света (11 кл.)	Квантовая	Вещество, электромагнитное поле	Механическое, электромагнитное	Электромагнитное
Физика атома (11 кл.)	Квантовая	Вещество (атом), электромагнитное поле	Механическое, электромагнитное	Электромагнитное
Ядерная физика и элементарные частицы (11 кл.)	Квантовая	Вещество (протон, нейтрон), электромагнитное поле	Взаимное превращение частиц и поля	Сильное, слабое

Данное описание основных содержательных линий обучения физике в средней школе позволяет разработать такую структуру физических учебных знаний, которая оказалась бы наиболее рациональной и экономной с точки зрения её усвоения и хранения в долговременной памяти учащихся.

Основным нормативным документом, которым пользуется учитель при определении содержания обучения физике в средней общеобразовательной школе, является учебная программа. Содержание обучения в учебной программе представляется как совокупность вопросов, подлежащих обязательному изучению.

Под вопросом при этом понимается название структурного элемента физических знаний, его части или совокупности сходных (родственных) структурных элементов физи-

ческих знаний (их частей). Такой подход к описанию содержания обучения имеет ряд недочётов, среди которых неоднозначность описания, приводящая к разночтению программы разными специалистами системы образования.

Содержание обучения можно представить как перечень структурных элементов физических знаний, подлежащих усвоению учащимися. Обязательным дополнением к такому перечню является описание в общем виде содержания каждого из структурных элементов физических знаний из этого перечня.

Проведём сравнение такого описания содержания обучения учащихся физике с традиционным (используемым в ныне действующих программах) на примере темы “Электростатика” (таблица 4).

Таблица 4

Традиционное описание	Инновационное описание
<p>Электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда. Взаимодействие точечных зарядов. Закон Кулона.</p> <p>Электростатическое поле. Напряжённость электростатического поля. Поле точечного заряда. Графическое изображение электростатических полей.</p> <p>Потенциальность электростатического поля.</p> <p>Потенциал и разность потенциалов электростатического поля. Напряжение. Связь между напряжением и напряжённостью однородного электростатического поля. Потенциал электростатического поля точечного заряда и системы точечных зарядов.</p> <p>Проводники в электростатическом поле. Диэлектрики в электростатическом поле. Диэлектрическая проницаемость вещества.</p> <p>Емкость. Конденсаторы. Емкость плоского конденсатора.</p> <p>Энергия электростатического поля конденсатора</p>	<p>Электрический заряд. <i>Поверхностная плотность заряда</i>. Точечный заряд. Электризация тел. Закон сохранения электрического заряда.</p> <p>Взаимодействие заряженных тел. Закон Кулона. Потенциальная энергия взаимодействия заряженных тел.</p> <p>Электростатическое поле. Напряжённость электрического поля. Принцип суперпозиции. Силовые линии электростатического поля. Однородное электростатическое поле. Потенциал. <i>Эквипотенциальные поверхности</i>. Работа поля по перемещению электрического заряда. Разность потенциалов. Напряжение. Энергия электрического поля. <i>Плотность энергии электрического поля</i>.</p> <p>Проводники. Диэлектрики. Электростатическая индукция. <i>Поляризация диэлектриков. Электрический диполь</i>. Диэлектрическая проницаемость вещества.</p> <p><i>Емкость единичного проводника</i>. Конденсаторы. Емкость конденсатора. <i>Закономерности соединения конденсаторов</i>. Энергия заряженного конденсатора</p>

Приведём описание планируемого содержания обучения (требований к знаниям уча-

щихся) по теме “Электростатика” в виде таблицы 5.

Таблица 5

№	Вид структурного элемента	Структурный элемент физических знаний	Планируемое содержание для изучения
1	Понятие о материальных образованиях	Электростатическое поле	Отличительные признаки, свойства и количественные характеристики
2	Понятие о свойствах и состояниях материальных образований	Электрический заряд. Однородное электростатическое поле. Проводники. Диэлектрики	Описание свойства, особенности, количественные характеристики
3	Понятие о явлениях и процессах	Работа поля по перемещению электрического заряда. Электризация тел. Электростатическая индукция. Поляризация диэлектриков	Отличительные признаки, условия протекания, механизм, законы, описывающие процесс, связь с другими явлениями, проявление и применение
4	Понятие о физических величинах	Электрический заряд. Напряжённость электрического поля. Потенциальная энергия взаимодействия зарядов. Потенциал. Разность потенциалов. Напряжение. Энергия электрического поля. Плотность энергии электрического поля. Дипольный момент. Электроёмкость конденсатора. Диэлектрическая проницаемость вещества. Электроёмкость. Энергия заряженного конденсатора	Что характеризует, единицы измерения, способ измерения, принимаемые значения, скалярная или векторная
5	Понятие о приборах и устройствах	Конденсатор, электроскоп, электрометр, электростатическая защита	Назначение, принцип действия, устройство, технические характеристики, применение
6	Понятие о моделях материальных образований и процессов	Точечный заряд. Силовые линии электростатического поля. Эквипотенциальные поверхности	Описание, вид, характеристики условий совпадения свойств реальных объектов и их моделей
7	Физические законы и закономерности	Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона. Зависимости напряжённости и потенциала электрического поля точечного заряда, заряженной сферы и плоскости. Закономерности соединения конденсаторов. Зависимость электроёмкости конденсатора от его размеров и свойств диэлектрика	Математическая запись, формулировка, опыты, подтверждающие закон, область действия
8	Физические принципы	Принцип суперпозиции	Формулировка, математическая запись