

РОЛЬ МОДЕЛЬНОГО ПОДХОДА К ИЗУЧЕНИЮ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЙ ГРАМОТНОСТИ УЧАЩИХСЯ

Шимко Елена Анатольевна,

доцент кафедры общей и экспериментальной физики Алтайского государственного университета, кандидат педагогических наук, доцент, г. Барнаул, e-mail: eashimko65@gmail.com

Утемесов Равиль Муратович,

доцент кафедры общей и экспериментальной физики Алтайского государственного университета, кандидат технических наук, доцент, г. Барнаул, e-mail: urm214@mail.ru

ПРИМЕРЫ МОДЕЛЕЙ, ИГРАЮЩИХ ВАЖНУЮ РОЛЬ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЙ ГРАМОТНОСТИ УЧАЩИХСЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАДАНИЙ, КОТОРЫЕ МОЖНО КЛАССИФИЦИРОВАТЬ КАК ПО СОСТАВУ ЗНАКОВО-СИМВОЛИЧЕСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ, ТАК И ПО УСВОЕНИЮ УМСТВЕННЫХ ДЕЙСТВИЙ ПРИ РАБОТЕ С РАЗЛИЧНЫМИ МОДЕЛЯМИ.

• модельный подход к изучению объектов и явлений окружающего мира • естественно-научная грамотность учащихся

Функциональная грамотность, в том числе и естественнонаучная грамотность, должна выступать неперенным условием успешной адаптации молодых людей к окружающей социальной среде¹. В этом случае модельный подход к изучению объектов и явлений окружающего мира является продуктивным способом формирования естественнонаучной грамотности учащихся. Модельный подход — это подход, связанный с представлением изучаемого физического явления или объекта в виде модели, способной дать учащимся новую информацию о явлении или объекте. Модельный подход даёт возможность преобразования учебного материала к виду, который позволяет за-

менить реальный изучаемый объект идеальной моделью, сохраняющей его основные свойства и позволяющей разобратся в структуре и функциях. В школьном обучении модель является

эффективным средством как понимания сущности изучаемых явлений, так и преобразования учебной информации. Используя представления А.Н. Крутского о структуре обучающей и учебной деятельности², рассмотрим возможности модельного подхода при формировании естественнонаучной грамотности учащихся.

Как и любой из методологических подходов психодидактики, модельный подход имеет четыре составляющие: дидактическую, психологическую, методическую и частно-предметную. Соответственно, процесс формирования естественнонаучной грамотности учащихся в этих условиях будет осуществляться путём следующих действий учителя:

- 1) постановка конкретной дидактической цели;
- 2) выбор психических функций личности, способствующих достижению этой цели;
- 3) оперативное преобразование учебного материала к виду, дающему возможность актуализировать выбранные психические функции личности и достичь цели обучения;

¹ Шимко, Е.А. Условия формирования и диагностики отдельных компонентов естественнонаучной грамотности обучающихся // Школьные технологии, 2019. № 2. С. 102–112.

² Крутский, А.Н. Системно-структурный подход к усвоению знаний [Текст] / А.Н. Крутский, О.В. Аржанникова. Барнаул: Изд-во БГПУ, 1998. 162 с.

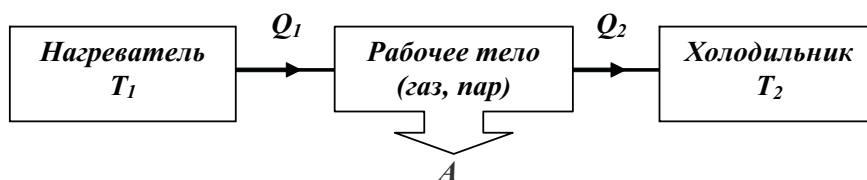


Рис. 1. Модель, отражающая принцип работы тепловых двигателей

- 4) выбор методов и средств, дающих возможность вызывать психическое состояние, способствующее с помощью преобразованного учебного материала эффективно усвоить необходимые знания и сформировать понятия.

К основным этапам моделирования можно отнести: объединение учебного материала в информационные блоки, перевод учебной информации на знаково-символический язык; чтение и понимание схем. При изучении физических явлений активно применяют материальные и идеальные модели.

Материальная модель (предметная, вещественная) — это некоторый материальный (вещественный) предмет, подобный оригиналу и способный замещать его в процессе эксперимента (или познания). Материальные модели позволяют представить в упрощённом виде изучаемый объект, сделать его более наглядным, позволяют выявить структуру и функции самого объекта и его элементов.

Идеальная модель — это модель, которую конструируют мысленно. Эти модели также делятся на *модели-представления* (адекватный образ некоторого предмета — образные модели) и *знаковые модели* (симво-

лы, формулы, графики). Для знаковых моделей характерно то, что используют не физические свойства, а их значения.

Рассмотрим примеры применения материальных и идеальных моделей при изучении тепловых явлений в курсе физики основной школы. Тема «Тепловые двигатели» является очень важной для расширения политехнического кругозора учащихся благодаря возможности ознакомления с вопросами энергетики на примерах отдельных двигателей и области их применения. В учебниках физики изложение этой темы начинается с рассмотрения модели, отражающей общий принцип работы тепловых двигателей (рис. 1).

Данное модельное представление даёт учащимся возможность осознать, что для совершения рабочим телом (газом, который образуется при сгорании топлива или паром) работы ему необходимо сообщить энергию (Q_1), т.е. нагреть до высокой температуры (T_1). При расширении рабочее тело совершит работу, его внутренняя энергия и температура уменьшатся ($T_2 < T_1$). При ознакомлении с данной моделью учащиеся фиксируют её в тетради, после чего записывают в таблицу 1 основные политехнические сведения о тепловых двигателях.

Таблица 1

Тепловые двигатели

Производство энергии	80–85% вырабатываемой энергии на Земле дают тепловые двигатели
Отличие от других двигателей	В основе работы теплового двигателя используется необратимое превращение энергии топлива в механическую энергию
Характеристика работы	Все тепловые двигатели работают циклически: в них последовательно сжимается и расширяется рабочее тело (газ или пар)
Эффективность работы	КПД находится по формуле: $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\%, \quad \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%$ максимальный КПД не превышает 30–40%
Примеры	Паровая машина, газовая турбина, двигатель внутреннего сгорания, карбюраторный двигатель, дизельный двигатель, турбореактивный двигатель, ракетный двигатель

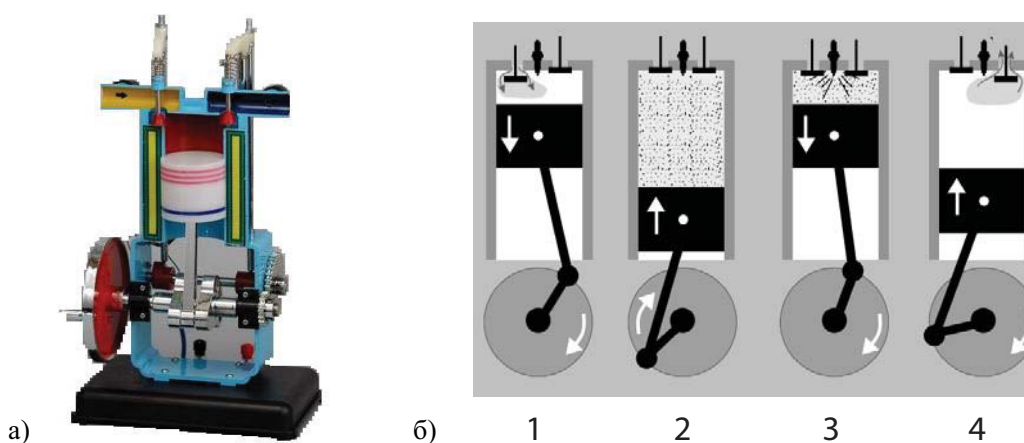


Рис. 2. Модель двигателя внутреннего сгорания:
а) материальная модель; б) идеальная (образная) модель

Далее на уроках физики учащихся знакомят с принципом действия двигателей внутреннего сгорания и паровых машин. Двигатели внутреннего сгорания рассматривают более подробно, т.к. они часто встречаются в технике.

Примером *материальной модели* является модель четырёхтактного двигателя внутреннего сгорания (рис. 2а). Как следует из названия, рабочий цикл четырёхтактного двигателя внутреннего сгорания (ДВС) состоит из четырёх основных этапов, которые после демонстрации работы модели ДВС лучше рассматривать с помощью *образной модели* — рисунков расположения частей ДВС в различные промежутки времени (рис. 2б).

Математические модели. Реальные природные процессы математика описывает на особом математическом языке в виде математических моделей. Математическая модель — это знаковая модель исследуемой системы, составленная на языке математики. Математическая модель представляет собой совокупность математических выражений, отражающих существенные для исследования свойства явления или объекта.

Приём математического моделирования заключается в том, что для исследования какого-либо объекта выбирают (или строят)

другой объект, в каком-то отношении подобный тому, который исследуют. Построенный новый

объект изучают, с его помощью решают исследовательские задачи, а затем результат переносят на первоначальный объект. В ходе математического моделирования используют математический аппарат (числа, буквы, геометрические образы и фигуры, отношения, алгебраические структуры). Например, знаковыми моделями в физических задачах являются: формула, уравнение, система уравнений, запись решения задачи по действиям.

Наибольшую сложность для учащихся во время преобразования информации при изучении физических явлений и свойств объектов представляет перевод текста с естественнонаучного языка на математический, т.е. на первом этапе математического моделирования³. Чтобы облегчить эту процедуру, строят вспомогательные модели, например таблицы. Уже на начальном этапе изучения физики в основной школе учащихся знакомят с различием таких математических моделей, как определяющие формулы (табл. 2), формулы-законы (табл. 3) и расчётные формулы (табл. 4). Математические модели в виде определяющих формул помогают не только сформировать понятия величин, но и их единицы измерения в СИ.

Многие учащиеся на начальном этапе изучения физики не могут выводить уравнения связей между физическими величинами, поэтому при формировании естественнонаучной грамотности можно использовать такую модель, как опорные схемы в виде математических фигур — треугольников или многоугольников (рис. 3).

³ Шамшиев А. Применение математических моделей при изучении физических явлений // Молодой учёный, 2015. № 23 (103). С. 19–23.

Таблица 2

Примеры определяющих формул физических величин

Название величины	Определение величины	Определяющая формула	Единица измерения
Мощность	Мощность (N) — это физическая величина, равная отношению работы A к промежутку времени t , в течение которого эта работа совершена	$N = \frac{A}{t}$	$[N] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = 1 \text{ Вт}$ (ватт)
Давление	Давление (p) — это физическая величина, равная отношению силы давления (F), приложенной перпендикулярно поверхности, к площади этой поверхности (S)	$p = \frac{F}{S}$	$[p] = 1 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 1 \text{ Па}$ (паскаль)
Сила тока	Сила тока (I) — это физическая величина, равная отношению заряда (q), протекающего через сечение проводника за время t , к этому промежутку времени	$I = \frac{q}{t}$	$[I] = 1 \text{ А}$ (ампер)
Напряжение	Напряжение (U) — это физическая величина, равная отношению работы электрического поля A при перемещении заряда q к значению этого заряда	$U = \frac{A}{q}$	$[U] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = 1 \text{ В}$ (вольт)
Сопротивление	Сопротивление (R) — это физическая величина, равная отношению напряжения на концах проводника (U) к силе тока, протекающему в нём (I)	$R = \frac{U}{I}$	$[R] = 1 \frac{\text{В}}{\text{А}} = 1 \text{ Ом}$ (ом)

Таблица 3

Примеры формул-законов в курсе физики основной школы

Явления	Формулировка закона	Формула закона	Физические величины
Механические	Закон Архимеда: Выталкивающая сила, действующая на погруженное в жидкость тело, равна весу жидкости, вытесненной этим телом	$F_A = P_{\text{ж}}$	F_A — сила Архимеда (выталкивающая сила) $P_{\text{ж}}$ — вес жидкости
	Второй закон Ньютона: Ускорение тела прямо пропорционально силе, действующей на тело и обратно пропорционально массе тела	$a = \frac{\vec{F}}{m}$	a — ускорение тела F — сила m — масса тела
Тепловые	Первый закон термодинамики: Количество теплоты, переданной телу, идёт на совершение работы и изменение внутренней энергии тела	$Q = A + \Delta U$	Q — количество теплоты A — работа, совершаемая телом ΔU — изменение внутренней энергии тела
Электрические	Закон Ома для участка цепи: Сила тока на участке цепи прямо пропорциональна напряжению на концах участка и обратно пропорциональна сопротивлению этого участка	$I = \frac{U}{R}$	I — сила тока U — напряжение R — сопротивление
	Закон Джоуля-Ленца: Количество теплоты, выделяемой проводником с током, прямо пропорционально произведению квадрата силы тока, сопротивления проводника и времени прохождения тока по проводнику	$Q = I^2 R t$	Q — количество теплоты I — сила тока R — сопротивление t — время

Таблица 4

Примеры расчётных формул в курсе физики основной школы

Явления	Название величины	Что описывает	Формула	Физические величины
Механические	Кинетическая энергия тела E_k	Энергию движущегося тела	$E_k = \frac{mv^2}{2}$	m — масса тела v — скорость
Тепловые	Количество теплоты Q	Энергию, которую получает тело при теплообмене	При нагревании (охлаждении): $Q = cm\Delta t$ При плавлении (кристаллизации): $Q = \pm \lambda m$ При парообразовании (конденсации): $Q = \pm Lm$	m — масса тела c — удельная теплоёмкость вещества λ — удельная теплота плавления L — удельная теплота парообразования
Электрические	Сопротивление проводника R	Меру противодействия проводника направленному движению свободных заряженных частиц в проводнике	$R = \rho \frac{l}{S}$	R — сопротивление ρ — удельное сопротивление l — длина проводника S — площадь сечения

Школьникам в этом случае предлагается следующий алгоритм нахождения физических величин по треугольникам.

1. Закрыть обозначение величины, которую необходимо найти.

2. Если известные величины вписаны в трапеции, то их необходимо перемножить.

3. Если известные величины вписаны в малый треугольник, то величину, стоящую над разделительной линией, нужно разделить на величину, стоящую под разделительной линией.

Опорные модели формул в виде математических фигур помогают выводить уравнения для вычислений физических величин,

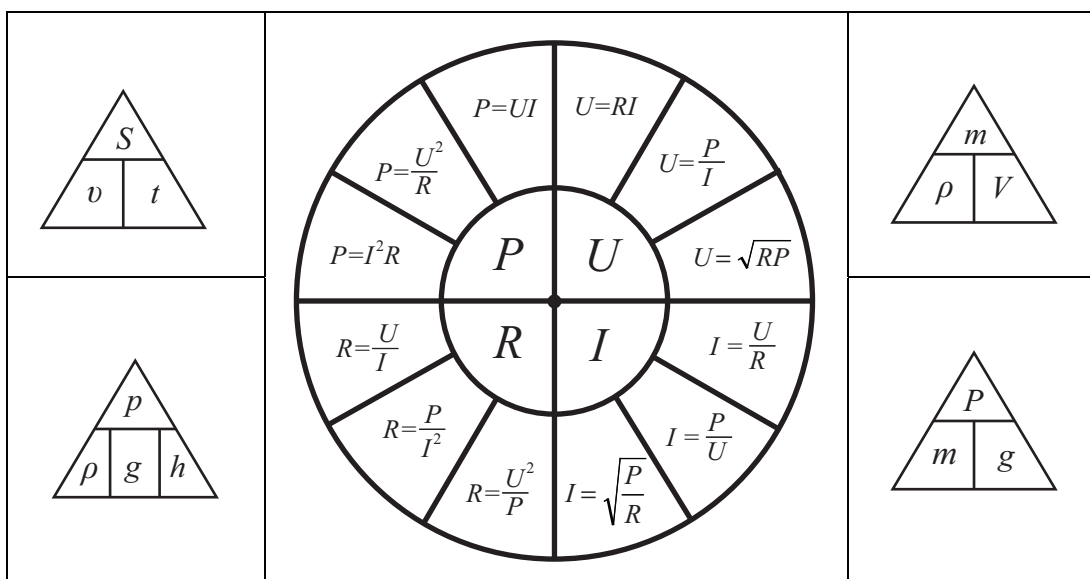


Рис. 3. Опорные модели формул в виде математических фигур

способствуют развитию мыслительных способностей. Они направлены на закрепление, обобщение и применение изученного материала.

Особую роль в школьном курсе физики играет изучение физических формул с точки зрения функциональных зависимостей (табл. 5).

Поскольку в школьном курсе математики изучению функциональных зависимостей отводится большое место, то учащиеся при изучении физических явлений могут самостоятельно определять, какие величины являются аргументами, а какие — функциями в различных формулах, какой вид будут иметь графики этих величин, как зависит вид графика от значения числового коэффициента. Для этого нужно провести аналогию с изученными в математике зависимостями, например: $y = kx$, $y = ax + b$, $y = kx^2$.

Электрическая схема — это графическое изображение связей между электрическими элементами установки, позволяющее понять принцип действия электротехнического устройства. Электрическая цепь характеризуется совокупностью элементов, из которых она состоит, и способом их соединения.

Электрическая цепь в общем случае содержит источники электрической энергии, приёмники электрической энергии, управляющие элементы, измерительные приборы, соединительные линии и провода (рис. 4).

В источниках электрической энергии осуществляется преобразование в электрическую энергию каких-либо других форм энергии, например энергии химических процессов (гальванические элементы и аккумуляторы), тепловой энергии (термопреобразователи на основе термопар).

Таблица 5

Примеры функциональных зависимостей в физике

Вид функции	Вид зависимости	Пример	Физические величины
$f = kx$	Прямая пропорциональная зависимость $f = (x)$	Закон Гука $F_{\text{упр}} = kx$	$F_{\text{упр}}$ — сила упругости k — жёсткость тел x — деформация тела
$f = \frac{k}{x}$	Обратная пропорциональная зависимость $f = (x)$	Оптическая сила линзы $D = \frac{1}{F}$	D — оптическая сила F — фокусное расстояние
$f = xy$	Прямая пропорциональная зависимость $f = (x, y)$	Импульс тела $\vec{p} = m\vec{v}$	p — импульс тела m — масса тела v — скорость тела
$f = \frac{x}{y}$	Прямая пропорциональная зависимость $f = (x)$ Обратная пропорциональная зависимость $f = (y)$	Закон Ома $I = \frac{U}{R}$	I — сила тока U — напряжение R — сопротивление
$f = kx^2$	Прямая квадратичная зависимость $f = (x)$	Кинетическая энергия $E_k = \frac{mv^2}{2}$	E_k — кинетическая энергия тела m — масса тела v — скорость тела
$f = \frac{k}{x^2}$	Обратная квадратичная зависимость $f = (x)$	Закон всемирного тяготения $F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$	F — сила m_1, m_2 — массы тел r — расстояние между центрами тел G — гравитационная постоянная
$f = \sqrt{kx}$	Прямая коренная зависимость $f = (x)$	Скорость ИСЗ $v = \sqrt{gR}$	v — скорость g — ускорение свободного падения R — радиус планеты

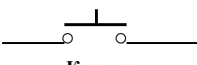
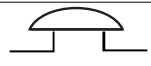
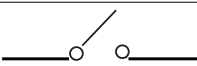
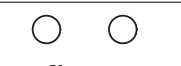
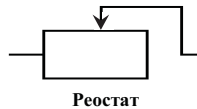
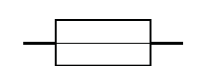
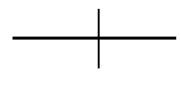
Источники тока	Потребители	Управляющие элементы	Провода
 Гальванический элемент	 Лампочка	 Кнопка	 Соединения проводов
	 Звонок	 Ключ	 Клеммы
 Батарея элементов	 Резистор	 Реостат	
	 Нагревательный элемент	 Предохранитель	 Пересечение проводов

Рис. 4. Графическое изображение элементов электрической цепи

В приёмниках электрической энергии электрическая энергия преобразуется, например, в механическую (двигатели постоянного тока), тепловую (электрические печи), химическую (электролизные ванны).

Провода, управляющие элементы и измерительные приборы служат для передачи электрической энергии от источников, распределения её между приёмниками и контроля режима работы всех электротехнических устройств.

Реальные элементы электрической цепи идеализируются для упрощения математического описания элемента электрической цепи. Однако идеализированные уравнения должны правильно отражать основные физические явления в том или ином реальном элементе электрической цепи. Идеализированному элементу электрической цепи ставят в соответствие его математическую модель — *схемный элемент*. Каждому схемному элементу соответствует условное геометрическое изображение.

Наиболее сложным для учащихся является тема «Электродинамика»⁴, в том числе и явление переменного электрического тока. Ис-

следование процессов в электрической цепи переменного тока требует знания связей между тока-

ми и напряжениями отдельных её участков. Эти связи могут быть определены в виде математических соотношений, а также в виде вольтамперных или иных характеристик.

Записанные в аналитической форме соотношения между токами и напряжениями элементов электрической цепи являются *математической моделью* этого элемента электрической цепи.

Так, формула $u_R(t) = R \cdot i(t)$ является математической моделью резистора в цепи переменного тока; формула $u_L(t) = L \cdot i'(t)$ — математической моделью идеальной индуктивной катушки в цепи переменного тока; а векторная сумма напряжений на резисторе и катушке $u(t) = R \cdot i(t) + L \cdot i'(t)$ уже представляет собой математическую модель либо реальной катушки, либо цепи, содержащей резистор и идеальную индуктивную катушку, включённых последовательно в цепь переменного тока.

Математическим соотношением между токами и напряжениями могут быть поставлены в соответствие электрические цепи, содержащие только идеализированные элементы R , L и C . Очевидно, что схемы таких электрических цепей и сами электрические цепи тождественны, т.к. каждому элементу схемы электрической цепи соответствует единственный элемент идеализированной электрической цепи.

⁴ Янко В.М. Формирование умения понимать физические явления // Вестник Курганского государственного университета, 2009. № 1. С. 33–35.

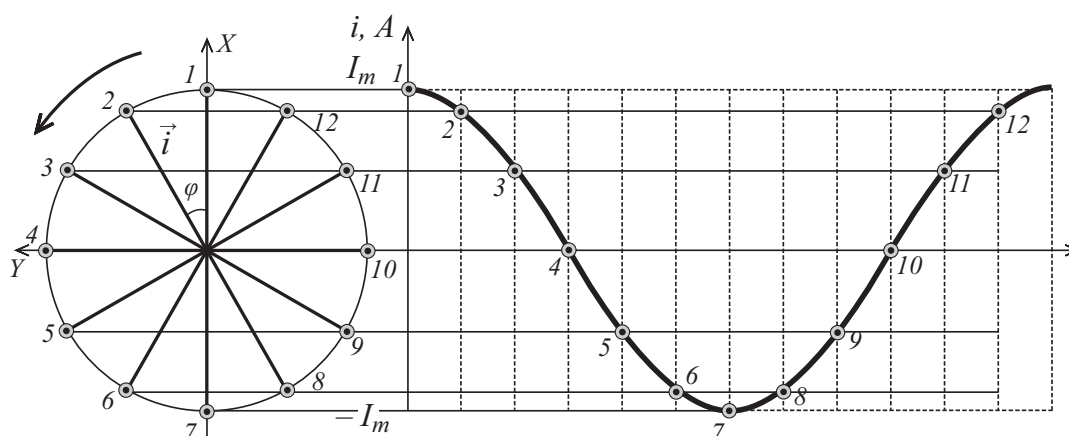


Рис. 5. Модель взаимосвязи гармонического колебательного движения с вращением по окружности (метод векторных диаграмм)

При изучении явления переменного тока часто используется модель «Векторные диаграммы». С её помощью гармонические колебания силы тока и напряжения представляют в виде векторов, модули которых равны амплитудам колебаний этих величин. Возможность такого представления гармонических колебаний следует из взаимосвязи гармонического колебательного движения с вращением по окружности (рис. 5).

Если предположить, что вектор с модулем I_m в начальный момент времени ($t = 0$) направлен по оси OX , то начальная фаза колебаний силы тока будет равна нулю ($\omega_0 = 0$). Этот вектор вращается в плоскости XY с угловой скоростью ω против часовой стрелки и через время t поворачивается на угол $\varphi = \omega t$. Проекция вектора силы тока на ось OX изменяется по закону $\cos \varphi$:

$$i(t) = I_m \cos \omega t$$

Поскольку резистор с активным сопротивлением R , катушка индуктивности L и конденсатор ёмкостью C включены в цепь переменного тока последовательно, то сила тока на всех этих элементах будет изменяться по одному закону (табл. 6).

Напряжение на концах резистора также меняется по закону $\cos$:

$$u_R(t) = U_m \cos \omega t$$

Амплитудное значение напряжения на резисторе связано с амплитудным значением

силы тока законом Ома для участка цепи:

$$U_m = R I_m$$

Колебания напряжения на концах катушки индуктивности опережают колебания силы тока на $\pi/2$:

$$u_L(t) = -U_m \sin \omega t, \quad U_m = X_L I_m, \quad X_L = \omega L.$$

Амплитудное значение напряжения на катушке также связано с амплитудным значением силы тока в ней законом Ома для участка цепи. Но катушка индуктивности в отличие от резистора обладает реактивным сопротивлением X_L вследствие явления самоиндукции. Реактивное сопротивление катушки называется индуктивным сопротивлением, которое зависит от частоты колебаний переменного тока ω и индуктивности катушки L .

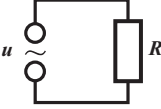
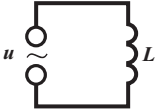
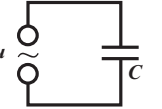
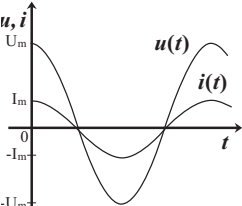
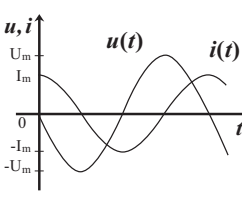
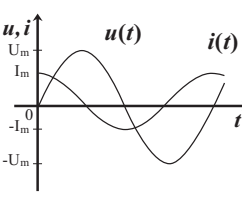
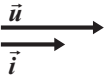
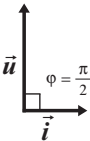
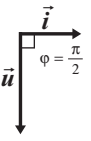
Колебания напряжения на обкладках конденсатора, напротив, отстают по фазе от колебаний силы тока на $\pi/2$:

$$u_C(t) = U_m \sin \omega t, \quad U_m = X_C I_m, \quad X_C = 1/\omega L.$$

Амплитудное значение напряжения на обкладках конденсатора также связано с амплитудным значением силы тока законом Ома для участка цепи. Участок цепи с конденсатором в отличие от резистора обладает реактивным сопротивлением X_C вследствие явления зарядки и разрядки конденсатора. Реактивное сопротивление конденсатора называется ёмкостным сопротивлением, которое зависит от частоты

Таблица 6

**Модели, описывающие переменный электрический ток
в отдельных элементах электрической цепи**

Элемент цепи	Резистор	Катушка	Конденсатор
Схема			
Явление	Тепловое действие тока	Самоиндукция	Зарядка и разрядка конденсатора
Сопротивление элемента цепи	Активное R	Индуктивное $X_L = \omega L$	Ёмкостное $X_C = 1/\omega C$
Формулы зависимости $u(t)$ и $i(t)$	$i(t) = I_m \cos \omega t$ $u_R(t) = U_m \cos \omega t$	$i(t) = I_m \cos \omega t$ $u_L(t) = -U_m \sin \omega t$	$i(t) = I_m \cos \omega t$ $u_C(t) = U_m \sin \omega t$
Закон Ома для участка цепи	$I_m = \frac{U_m}{R}$	$I_m = \frac{U_m}{X_L}$	$I_m = \frac{U_m}{X_C}$
График зависимости $u(t)$ и $i(t)$			
Векторная диаграмма зависимости $u(t)$ и $i(t)$			
Характеристика колебаний	Колебания напряжения отличаются от колебаний тока амплитудой в R раз, разность фаз равна нулю	Колебания напряжения отличаются от колебаний тока амплитудой в XL раз и опережают колебания силы тока на $\pi/2$	Колебания напряжения отличаются от колебаний тока амплитудой в XC раз и отстают от колебаний силы тока на $\pi/2$

колебаний переменного тока ω и индуктивности катушки L .

Цепь переменного тока, в которую последовательно включены резистор, катушка и конденсатор, обладает полным сопротивлением цепи, которое можно рассчитать, учитывая модели в табл. 7, по формуле:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Закон Ома для цепи переменного тока в данном случае представлен формулами:

$$I_m = \frac{U_m}{Z} \quad \text{или} \quad I = \frac{U}{Z},$$

где действующее значение U можно найти по формуле:

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}.$$

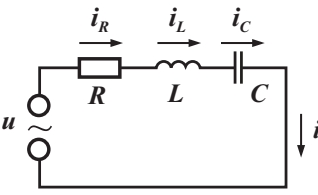
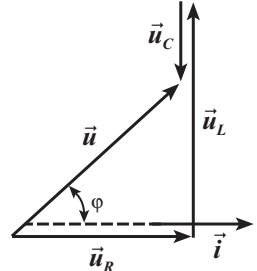
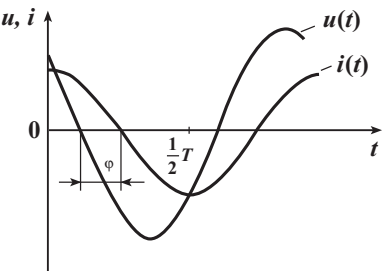
Чтобы определить разность фаз между колебаниями тока и напряжения в цепи переменного тока (угол φ), сначала находят значение коэффициента мощности ($\cos \varphi$):

$$\cos \varphi = \frac{U_R}{U} = \frac{R}{Z}.$$

Таким образом, для изучения процессов в электрической цепи переменного тока сначала следует определить математические соотношения для отдельных участков

Таблица 7

Модели, описывающие переменный электрический ток в цепи с активным и реактивным сопротивлением

Схема цепи переменного тока	Векторная диаграмма напряжения $u(t)$ и силы тока $i(t)$	График зависимости напряжения $u(t)$ и силы тока $i(t)$
		

исходной цепи, по этим соотношениям построить некую другую (идеализированную) электрическую цепь, анализ процессов в которой заменит анализ процессов в исходной реальной электрической цепи.

Концептуальные модели. В концептуальной модели обычно в словесной форме приводятся сведения о природе и параметрах (характеристиках) элементарных явлений исследуемого объекта, о виде и степени взаимодействия между ними, о месте и значении каждого элементарного явления в общем процессе функционирования объекта. Например, концептуальной моделью является *физическая картина мира* (рис. 6), которая представляет собой мировоззренческое обобщение курса, это часть нашего материалистического мировоззрения, помогающего правильно ориентироваться в мире, целенаправленно в нём действовать, жить и работать.

Физическая картина мира — это система самых общих представлений о строении, взаимодействии и движении материи от уровня элементарных частиц до галактик, описываемых как универсальными, так и специфическими для разных областей основными законами физики. Единая картина складывается из взаимосвязанных механических, полевых, статистических и квантовых представлений.

Материальное единство мира проявляется в том, что физические объекты и явления на Земле и во всей Вселенной имеют единую природу, состоят из небольшого

числа (стабильных) элементарных частиц и вызываются фундаментальными взаимодействиями. Фундаментальные взаимодействия (гравитационные, электромагнитные, сильные, слабые) приводят в разных пространственных областях к качественно своеобразным формам движения материи.

Универсальность физических величин и законов выражается в том, что элементарные частицы, атомы, молекулы, физические тела и поля характеризуются несколькими общими величинами. Главными из физических величин являются *энергия, импульс, масса, электрический заряд*. Ряд физических законов применим к любым физическим явлениям в любой области пространства. Важнейшими являются законы сохранения энергии, импульса, электрического заряда.

Качественное своеобразие физических явлений обнаруживается в том, что в зависимости от размеров, строения, расстояния между физическими системами имеют место различные взаимодействия и качественно различные формы движения материи. Законы основных физических теорий соответственно применимы в своих областях.

Рассмотрим *основные особенности концептуальных моделей*.

1. Концептуальная схема охватывает значительную область предмета естественно-научного цикла, представляющую достаточно цельную и законченную систему знаний.



Рис. 6. Концептуальная модель физической картины мира

С её помощью структурно оформляется предмет изучения, в котором выделяются основные группы явлений, изучаемых конкретной физической фундаментальной теорией.

2. Концептуальная схема выявляет и предъявляет учащимся внутреннюю упорядоченную структуру рассматриваемой области, как правило, многоуровневую.

3. Концептуальная схема описывает все физические явления с помощью набора определённых характеристик (физических величин), которые можно разделить на общие и специфические.

4. Концептуальная схема, раскрывая учащимся предмет изучения в целом, с одной стороны, определяет направление и перспективы изучения соответствующего раздела естественнонаучной дисциплины, с другой — вооружает их инструментом разрешения конкретной проблемной ситуации (задачи).

Данная связь представления предмета, активизации познавательной деятельности

и решения практических задач повышает мотивацию учения, что способствует эффективному формированию естественнонаучной грамотности учащихся. Установленные связи помогают учащимся определить иерархию предметных знаний о содержании естественнонаучных дисциплин в соответствии с их статусом в системе научного знания; сформировать у них целостное представление о предметных и методологических знаниях.

5. Концептуальная схема, являясь своеобразной моделью естественнонаучного знания, может использоваться на разных уровнях учебной деятельности: репродуктивном, частично-поисковом, творческом, в зависимости от сформированности познавательных способностей учащихся.

Все перечисленные особенности концептуальных схем можно выделить также в структурных схемах изучения физического явления, разработанных А.Н. Крутским. Знакомство со схемами и самостоятельное их конструирование учащимися может происходить на вводных уроках и по мере изу-

чения материала, а содержание учебного знания будет уточняться и дополняться на обобщающих занятиях. В этом случае на основе модельного подхода удаётся уменьшить само время обучения и выделить часть учебного времени на практическую образовательную деятельность.

Структурные схемы изучения физического явления. Основу данного модельного подхода составляет определённая структура знаний по физике, предложенная А.Н. Крутским (рис. 7). С точки зрения системно-функционального подхода к изучению физики учебный материал делится на девять элементов знания: физическое явление, физическая теория, научный факт, гипотеза, идеальный объект, физическая величина, закон, практическое применение, задачи.

На примере структурной схемы «Совершение работы газом» рассмотрим функции её отдельных блоков (табл. 8).

Блок «Физическое явление». Явления природы представляют собой наиболее крупный элемент знания. Области научного знания различаются в соответствии со своим предметом исследования, поэтому в общеобразовательных учреждениях учебные предметы естественнонаучного цикла знакомят учащихся с физическими, химическими и биологическими явлениями; учебные предметы гуманитарного профиля позволяют изучать особенности общественных, социальных и экономических явлений.

Поскольку физика изучает физические явления, то на верхнем уровне иерархии должны стоять физические явления. Функ-

цией физических явлений, включённых в содержание образования и изложенных в школьных учебниках, является то, что они служат объектом учебно-познавательной деятельности учащихся при изучении физики — как науки, так и учебного предмета.

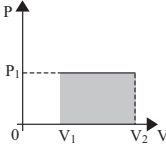
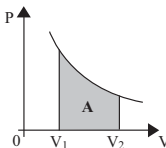
Блок «Физическая теория». Для объяснения сущности любого явления могут быть созданы различные научные теории. Функция научной теории заключается в объяснении явлений, предсказании условий и особенностей их протекания, поиске и выявлении количественных характеристик, закономерностей и возможных путей их практического применения.

Научные факты. Любая теория, в том числе и физическая, раскрывается стандартным образом. Сначала набираются научные факты, связанные с изучением данного физического явления. Факты добываются двумя путями: либо путём наблюдения в природе, либо на базе специального эксперимента. В каждом из этих случаев получаемые факты выступают как первичные элементы знания об изучаемом явлении, следовательно, они служат только качественной характеристикой явления: научные факты только констатируют явление, не измеряя и не объясняя его сущности. Функция научных фактов состоит в том, что они являются экспериментальным базисом для развития научной теории. Поскольку научные факты осознаются на чувственном уровне познания окружающего мира, то их необходимо специально формировать в результате наблюдения явления в природе или быту, а также наблюдения явления с помощью проводимого учителем демонстрационного эксперимента. Например, первый опыт



Рис. 7. Концептуальная модель «Структурная схема изучения физического явления»

Структурная схема изучения явления «Совершение работы газом»

Явление	Совершение работы газом
Научные факты	1. При совершении работы над газом газ нагревается. 2. При совершении работы газом газ охлаждается
Гипотеза	1. При сжатии кинетическая энергия молекул газа увеличивается поршнем, движущимся навстречу. 2. При расширении газа энергия молекул передаётся окружающим телам
Идеальный объект	Идеальный газ — модель газа, молекулы которого являются материальными точками и не взаимодействуют
Величины	A — механическая работа газа ($1 Дж = 1 Н \cdot м$) P — давление газа ($1 Па = 1 Н / м^2$) V — объём газа ($м^3$)
Законы	1. $A = p\Delta V$ если $p = \text{const}$  2. $T = \text{const}$  3. $V = \text{const}$ $A = 0$ $A = -A'$ (работа внешних сил)
Применение	1. Для расчёта A , p , V 2. Для проектирования тепловых двигателей и их применения в технике

с воздушным огнём свидетельствует о том, что при совершении работы над газом внешними силами температура газа повышается так сильно, что происходит воспламенение, например, паров эфира. Второй опыт показывает учащимся, что при адиабатном расширении газа (без теплообмена) происходит его охлаждение, о чём свидетельствует появление в сосуде тумана (конденсации пара при достижении точки росы).

Блок «Гипотеза». Собранные научные факты объясняются путём выдвижения гипотез. Гипотеза представляет собой научное предположение. Проверка гипотез путём получения следствий может породить новые факты или подтвердить старые. На стадии выдвижения и проверки гипотезы завершается качественный анализ изучаемого явления. Функцией гипотезы является объяснение выявленных в результате наблюдения за явлением научных фактов. Чтобы объяснить, почему температура газа увеличивается при

его сжатии и уменьшается при его расширении, используют следующие гипотезы:

- 1) при сжатии кинетическая энергия молекул газа увеличивается поршнем, движущимся навстречу;
- 2) при расширении газа энергия молекул газа передаётся окружающим телам.

Блок «Идеальный объект (модель)». Чтобы перейти к количественному анализу изучаемого явления, необходимо выбрать идеальный объект, который позволяет абстрагироваться от излишней сложности, от несущественных связей. Например, такими объектами могут быть идеальный газ, материальная точка. Функция идеальных объектов заключается в абстрагировании от несущественных свойств изучаемых явлений и концентрации внимания на существенных свойствах.

В нашем случае при изучении явления совершения работы газом рассматривается

модель идеального газа. Идеальный газ — это модель газа, молекулы которого являются материальными точками и не взаимодействуют между собой. Другими словами, молекулы идеального газа обладают только кинетической энергией. При своём движении они сталкиваются со стенками сосуда и производят давление на эти стенки.

Блок «Физическая величина». Функция физической величины заключается в том, что она является *количественной характеристикой* физических явлений и служит для измерения. При описании явления совершения работы газом учащиеся записывают в таблицу информацию о таких физических величинах, как работа газа и работа внешних сил, а также давление газа и его объём (изменение объёма). Затем выбираются необходимые физические величины, которые служат количественной мерой при их измерении. Выбрав величины, характеризующие изучаемое явление, можно выявить между ними зависимости, которые называются законами. После установления законов появляется возможность управлять процессами и находить практическое применение данных явлений для нужд человека.

Блок «Закон». Закон представляет собой устойчивые повторяющиеся связи между явлениями или величинами. Функцией закона является установление связей, взаимозависимостей, знание которых позволяет управлять физическими процессами. Закон может отражать вербальное, графическое или аналитическое представление элементов знания, выражающее устойчивые повторяющиеся связи между физическими явлениями или величинами. В блоке «Законы» могут быть систематизированы сходные по функциям уравнения, принципы, постулаты и правила. Физический закон — это выражение устойчивых существенных связей между физическими явлениями и характеризующими их величинами.

Блок «Практическое применение». Его функция — нахождение *способов* практического применения положительных проявлений изучаемого явления и способов борьбы с его негативными проявлениями. Это конечная цель научного познания. Учащиеся записывают в таблице, что, во-первых, знание о данном явлении помогает рассчитывать работу газа и работу вне-

шних сил в различных процессах, а также давление и объём газа. Во-вторых, учащиеся лучше осознают устройство, принцип действия и сферу применения тепловых двигателей в технике.

Блок «Задачи». Функцией этого блока является *моделирование* в учебных целях явлений и ситуаций, протекающих в природе или в создаваемых человеком установках. В этом блоке организуется практическая деятельность учащихся путём решения задач различного вида (текстовых, графических).

Анализ концептуальных схем изучения физических явлений свидетельствует о том, что они могут выступать в роли нового дидактического инструмента, поскольку их применение в учебном процессе позволяет значительно расширить спектр дидактических задач, решаемых в рамках школьного образования. Системное структурирование предметного материала в концептуальных схемах позволяет выстроить траекторию его изучения в несколько этапов: от общего и схематичного представления отдельных элементов («Факты», «Гипотезы», «Модели», «Величины», «Законы», «Теории») к их детальному и углублённому анализу и далее — к полному обобщению и формированию физической картины мира.

Диапазон применения схем чрезвычайно велик. Их можно применять при анализе предшествующих предметных знаний и жизненного опыта, относящихся к изучаемому объекту, и выдвижении рабочих гипотез; при раскрытии качественных и количественных свойств явлений; при обосновании идеальной модели объекта на основе образов (представлений); при определении понятий и введении физических величин; при применении изучаемого явления в реальных условиях и решении практических задач; при ознакомлении с объектами техники и технологии производства, бытовой техники и оборудования физических лабораторий.

Модельный подход к изучению объектов и явлений окружающего мира как способ управления процессом формирования естественнонаучной грамотности учащихся организуется на основе специальных заданий, которые можно классифицировать как по составу знаково-символического

представления, так и по усвоению умственных действий:

- 1) задания, предполагающие использование простых, единичных конструктивных элементов (фрагменты вербальной информации переводятся на знаково-символический язык);
- 2) задания, предполагающие организацию работы с композициями конструктивных элементов;
- 3) задания, связанные с выражением результатов логических операций, осуществляемых с учебным материалом: *репродуктивные* (заполнение готовых таблиц, схем по образцу) → *аналогичные* (составление схем и таблиц, отражающих классификацию и сравнение различных природных объектов) → *творческие* (составление схем и таблиц обобщающего характера с самостоятельным определением основания для классификации, обобщения и систематизации учебного материала);
- 4) задания по составлению учебных наглядных пособий, которые, согласно определённой системе, представляют учебный материал раздела, темы, учебного предмета⁵.

На основании всего вышеизложенного можно сделать вывод о том, что модельный подход к изучению физических явлений имеет широкие образовательные возможности — от актуализации наиболее важных элементов знаний по физике до содействия успешному приобретению умений и навыков на всех трёх уровнях учебно-познавательной деятельности: репродуктивном, частично-поисковом и творческом.

В случае *репродуктивной деятельности учащихся* должны воспроизводить рассмотренные виды моделей, предложенные учителем в готовом виде на доске или экране. На репродуктивном этапе обучения целью моделирования объекта или явления является осознанное и прочное запоминание основных алгоритмов учебно-познавательной деятельности при использовании различных моделей.

Частично-поисковая деятельность предполагает поэтапное усвоение опыта творческой деятельности учащихся, т.е. овладение отдельными этапами конструиро-

вания модели изучения объекта или явления окружающего мира в виде таблицы, графа или схемы. Это метод, при котором учитель организует участие школьников в выполнении отдельных шагов построения схемы. Роль учителя состоит в конструировании конкретного задания, разбиении его на отдельные этапы, определении тех этапов, которые выполняют школьники самостоятельно. В одних случаях школьников учат самостоятельно выявлять научные факты при наблюдении эксперимента, в других — выдвигать гипотезы и моделировать явление, в третьих — характеризовать величины, необходимые для описания явления и обсуждать связи между ними.

Творческая деятельность учащихся проявляется в случае самостоятельного конструирования модели изучения объекта или явления окружающего мира. В этом случае дети обучаются рефлексии познавательной деятельности. Школьники приобретают умение переходить из пространства мыслительной деятельности в пространство выделения и анализа способа этой деятельности, умение фиксировать результаты анализа в различных моделях и сопроводительных текстах, а конструирование и изменение моделей и сопроводительных текстов делать содержанием своего обучения. В этом случае принцип построения любой модели и её применение в познавательном процессе и при решении конкретных задач становится для учащихся самостоятельным предметом изучения и освоения. Именно этот результат и необходим для успешного формирования их естественнонаучной грамотности. ■

Spisok ispol'zovannyh istochnikov:

1. Krutskiy A.N. Sistemno-strukturnyy podkhod k usvoyeniyu znaniy [Tekst] / A.N. Krutskiy, O.V. Arzhannikova. Barnaul: Izd-vo BGPU, 1998. 162 s.
2. Shamshiyev A. Primeneniye matematicheskikh modeley pri izuchenii fizicheskikh yavleniy // Molodoy uchonyy, 2015. № 23 (103). S. 19–23.
3. Shimko Ye.A., Krutskiy A.N. Model'nyy podkhod k obucheniyu i usvoyeniyu znaniy po fizike. Barnaul: AltGPA, 2012. 77 s.
4. Shimko Ye.A. Usloviya formirovaniya i diagnostiki otchel'nykh komponentov yestestvennonauchnoy gramotnosti obuchayushchikhsya // Shkol'nyye tekhnologii, 2019. № 2. S. 102–112.
5. Yanko V.M. Formirovaniye umeniya ponimat' fizicheskiye yavleniya // Vestnik Kurganskogo gosudarstvennogo universiteta, 2009. № 1. S. 33–35.

⁵ Шимко Е.А., Крутский А.Н. Модельный подход к обучению и усвоению знаний по физике. Барнаул: АлтГПА, 2012. 77 с.