

Перекодирование информации — необходимое условие усвоения научного метода познания

Е.А. Бершадская

Можно бесконечно долго перечислять цели обучения естественнонаучным дисциплинам в школе и вузе, конкретизируя нюансы в требованиях к усвоению отдельных частных вопросов. Однако, очевидно, что выбор основных параметров учебного процесса и построение его модели определяются не частностями, а глобальными целями каждой дисциплины. В данной работе я буду исходить из предположения, что такой целью при изучении естественных дисциплин является овладение обучаемыми (учениками старших классов и студентами) гипотетико-дедуктивным методом научного познания, определяющим основной способ мышления, обеспечивающий успешное познание окружающего мира. Впрочем, область его применения не ограничивается только познанием природных явлений.

В современной психологии одним из наиболее влиятельных и перспективных направлений всё более явно становится когнитивная психология, изучающая интеллектуальные процессы, влияющие на поведение человека. В рамках этого направления ещё в 50-е годы прошлого века Джордж Келли предложил когнитивную теорию личности, получившую название теории личностных конструктов, в которой любой человек рассматривается как учёный-исследователь, стремящийся «...понять, интерпретировать и контролировать мир своих личных переживаний для того, чтобы эффективно взаимодействовать с ним» (Хьелл Л., Зиглер Д., 2001, с. 431). И делает это любой человек примерно также, применяя такие же интеллектуальные процедуры и методы, как и учёный, исследующий какое-либо природное явление. Если учёный выдвигает гипотезы, позволяющие не только объяснить наблюдаемое явление, но и прогнозировать результаты аналогичных процессов, то и любой человек пытается предвидеть и контролировать результаты своего возможного поведения в окружающем мире. Для этого он создаёт некую систему понятий об окружающем мире, играющую роль гипотез, выполняющих функции объяснительных схем. Такие системы Келли назвал личностными конструктами: «Человек судит о своём мире с помощью понятийных систем или моделей, которые он создаёт и затем пытается приспособить к объективной действительности» (Kelly G., 1955, р. 8). Функционирование личностных конструктов в сознании человека Л. Хьелл и Д. Зиглер (2001, с. 439) описывают следующим образом: «... стоит только человеку предположить, что с помощью данного конструкта можно адекватно прогнозировать и предсказать какое-то событие в своём окружении, как он начнёт проверять это предположение по событиям, которые ещё не наступили. Если конструкт помогает точно прогнозировать события, человек, вероятно, сохранит его. И наоборот, если прогноз не подтвердится, конструкт, на основании которого он был сделан, вероятно, подвергнется пересмотру или даже вообще может быть исключён».

Не нужно обладать развитым воображением, чтобы в приведённом выше описании увидеть схему гипотетико-дедуктивного метода познания. И формируется личностный конструкт так же, как и естественнонаучные гипотезы в процессе наблюдения за явлениями окружающего мира. Хьелл и Зиглер описывают этот процесс так: «... переживая события, человек замечает, что какие-то события похожи друг на друга (у них есть общие свойства) и при этом отличаются от других. Например, человек может заметить, что какие-то люди тучные, а какие-то тощие; кто-то чёрный, а кто-то белый; кто-то богатый, а кто-то бедный; до каких-то вещей опасно дотрагиваться, а до каких-то нет. Именно этот когнитивный процесс наблюдения сходства и различий приводит к формированию личностных конструктов» (Хьелл Л., Зиглер Д., 2001, с. 439).

Как и научные гипотезы, личностные конструкты могут адекватно отражать сущность изучаемых явлений, но могут быть и ложными. И в науке, и в жизни проверка гипотез осуществляется эмпирическим путём с помощью критериальных экспериментов (правда в последнем случае их результаты весьма чувствительно отражаются на всей жизни «эксперимен-

татора»). Вероятно, возможность успешной социальной адаптации во многом определяется тем, насколько человек в состоянии реализовать гипотетико-дедуктивную схему, модифицируя свои личностные конструкты в соответствии с реакцией социального окружения на демонстрируемое индивидом поведение (результаты критериальных экспериментов). Келли делит конструкты на проницаемые и непроницаемые. Последние имеют характер догм, которые не в состоянии изменяться даже в том случае, когда человек видит негативную реакцию среды на свои поступки. Проницаемые конструкты могут изменяться под воздействием сигналов среды, учитывая новые данные. Способность видоизменять свои действия и предвидеть их последствия на основе модифицированных конструктов (гипотез) свидетельствует о сформированности гипотетико-дедуктивного способа мышления. Ригидное поведение, основанное на слепом повторении ранее усвоенных моделей поведения вне зависимости от его результатов, не позволяет модифицировать поведение, приспосабливаясь к изменившимся внешним условиям. Таким образом, можно предположить, что формирование у обучаемых гипотетико-дедуктивного стиля мышления является необходимым условием освоения индивидом культурного опыта, обеспечивающим как индивидуальную успешную социализацию, так и дальнейший прогресс общества.

В этой работе я не буду подробно описывать структуры гипотетико-дедуктивного метода, ограничусь лишь его упрощённой схемой, изображённой на рисунке 1. Процесс начинается с наблюдения за некоторыми выбранными объектами и их экспериментального изучения. Для объяснения установленных фактов и эмпирических зависимостей выдвигаются гипотезы, которые не являются ни индуктивными обобщениями данных опыта, ни их логическими следствиями. Гипотезы направлены на выяснение сущности наблюдаемого, поэтому они, как правило, формулируются на языке теоретических понятий, которым далеко не всегда можно сопоставить наблюдаемые эффекты. Гипотезы, во-первых, должны позволять объяснять все явления, изученные на первой стадии процесса, т.е. уже известные эмпирические закономерности должны быть выводимы логико-математическими средствами из гипотез. Однако факт удачного объяснения ничего не говорит об истинности самих гипотез, поэтому, во-вторых, гипотезы должны позволять дедуцировать следствия, которые могут быть экспериментально проверены в ходе так называемых критериальных экспериментов. Подтверждение следствий косвенно свидетельствует об истинности гипотез, опровержение следствий заставляет модифицировать гипотезы или отбросить их и попытаться найти новые теоретические положения. Процесс повторяется до тех пор, пока не будут найдены гипотезы, позволяющие удовлетворительно объяснить все явления в определённой предметной области.

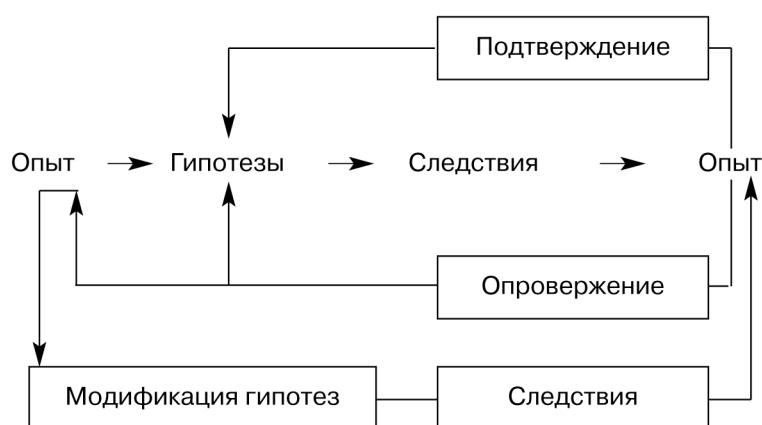


Рис. 1

Описанная схема применима как для описания гипотетико-дедуктивной процедуры, позволяющей человеку строить модели своего возможного поведения, так и для описания процесса развития научного познания и построения научной теории. Для меня принципиаль-

ным является вопрос о генезисе и механизмах формирования гипотетико-дедуктивной схемы в индивидуальном сознании каждого обучающегося. Специальные исследования показали, что в процессе школьного обучения самопроизвольно гипотетико-дедуктивный стиль мышления у учащихся не формируется. Таким образом, мы оказываемся перед необходимостью разработать такие обучающие процедуры и средства, а также содержание обучения, которые позволили бы сделать предметом усвоения гипотетико-дедуктивный метод познания. В области естественнонаучного образования это приводит к появлению новой проблемы, которая не возникает при применении гипотетико-дедуктивной схемы в обыденной жизни индивида. Речь идёт о том, что в большинстве естественных наук гипотезы формулируются с использованием терминов искусственных языков математических и графических символов. При этом возникает проблема перевода чувственных впечатлений, которые возникают у учащегося при наблюдении природных явлений, на специальный язык данной науки. В педагогике хорошо известны трудности, возникающие при обучении учащихся иностранным языкам. Мне кажется, что многие проблемы естественнонаучного образования имеют лингвистическую природу и связаны с трудностями усвоения искусственных языков различных наук. С этой точки зрения процесс научного познания можно представить как непрерывный перевод данных чувственного опыта на язык научных понятий, закодированных математическими символами, дискурс научных понятий и обратный перевод математических моделей на язык чувственных ощущений. В когнитивной психологии подобный процесс перехода от одной формы представления информации к другим называется *перекодированием*. Оно играет огромную роль в процессе научного познания и реализации гипотетико-дедуктивного метода. Весь процесс научного познания в определённом смысле можно представить как процесс перекодирования, причём проникновение в сущность сопровождается переходом ко всё более абстрактным моделям, выраженным на специальных искусственных языках. Поэтому важнейшее значение приобретает умение обучаемых переходить от непосредственных чувственных данных к образному кодированию, а от него — к символической репрезентации и построению математических моделей. Ещё большую роль в реализации научного метода играет обратный переход от абстрактных моделей к реальным объектам, с помощью которых можно проверить справедливость теоретически полученных следствий.

Любая естественнонаучная дисциплина изучает природу с помощью абстрактных теоретических моделей, выраженных специальными языковыми средствами. Перевод данных наблюдения на язык этих средств представляет собой сложную интеллектуальную деятельность, которая, по-видимому, не формируется вне условий специального преднамеренного обучения. Поэтому в учебном процессе необходимо специально выделять стадии трансформации чувственно воспринимаемых образов в постепенно усложняющиеся модели, выражаемые на разных искусственных языках. Если обучаемый не усвоил эти языки, то это разрушает связи между понятиями, содержащимися в воспринимаемой информации, что препятствует её пониманию.

Исходный материал в начале изучения темы традиционно предъявляется обучаемым либо в форме определённого фрагмента действительности (реальные предметы, модели, демонстрационные установки, приборы и материалы для проведения лабораторных опытов), либо в форме образов реальных объектов, хранящихся в сознании учащихся и актуализирующихся в ответ на слова преподавателя. Дальнейший процесс познания изучаемой предметной области действительности можно представить как постепенный переход от образной к вербальной, а затем к символической и знаковой формам кодирования первичной информации. Эта деятельность осуществляется с помощью интеллектуальных операций и умственных действий, которые служат когнитивной основой овладения изучаемой предметной областью. К сожалению, на практике большинство учителей школ и преподавателей вузов «по умолчанию» предполагает, что обучаемые самостоятельно могут выполнить все действия по восприятию и перекодированию информации чувственно воспринятой информации. Неоднократные беседы с преподавателями физики высшей школы показали, что этому аспекту формирования методологических умений студентов не уделяется должного внимания. Как

само собой разумеющееся принимается предположение, что учащиеся, прошедшие конкурсный отбор в технические университеты, обладают необходимыми когнитивными схемами перехода от объективной реальности к её модельному описанию. Однако эти умения не контролируются на вступительных экзаменах ни в одном из известных нам вузов, поэтому данное утверждение, по меньшей мере, нуждается в экспериментальном подтверждении. Скорее, учитывая бедственное материальное состояние большинства российских школ, можно ожидать, что преподавание физики ведётся, в основном, в вербальной форме с применением единственного средства наглядности в виде кусочка мела. Наш опыт общения со студентами-первокурсниками показывает, что они весьма поверхностно знакомы с физическим оборудованием, не могут идентифицировать многие физические приборы, не владеют умениями записывать результаты прямых измерений с учётом погрешности отсчёта и инструментальной погрешности, не могут вывести формулу для расчёта погрешности косвенных измерений.

Приведу некоторые количественные данные, характеризующие умение студентов воспринять и перекодировать информацию, заданную в форме реальных физических объектов. Исследование проводилось в 1997–2001 гг. в ВТУ перед тем, как студенты должны были приступить к изучению электродинамики. В ходе исследования им предлагались некоторые реальные физические устройства, приборы и схемы. Они должны были опознать прибор, назвать его, указать назначение, привести схематическое обозначение, записать показание прибора с учётом погрешностей измерения, нарисовать принципиальную схему электрической цепи. Разумеется, применялись только те приборы и устройства, которые входят в комплект школьного физического оборудования. Некоторые результаты исследования представлены ниже (в скобках после названия прибора или описания задания указан процент студентов, справившихся с ним).

1. Трансформатор универсальный (62%). Назначение — 47%.
2. Катушка индуктивности дроссельная (24%). Назначение — 14%.
3. Выпрямитель ВС24М (17%). Назначение — 9%.
4. Осциллограф электронный (83%). Назначение — 22%.
5. Амперметр и вольтметр лабораторные (93%). Назначение — 89%.
6. Запись показаний электроизмерительных приборов с учётом погрешностей измерения (2%).
7. Батарея конденсаторов (17%). Назначение — 6%.
8. Изображение принципиальной схемы электрической цепи с различными видами соединения элементов (21%).
9. Генератор звуковой частоты школьный (12%). Назначение — 9%.

Из приведённых данных видно, что большинство студентов не обладает когнитивными схемами, необходимыми для восприятия информации, представленной в форме реальных физических приборов и устройств, и извлечения её смысла (определение назначения прибора, схемы соединения элементов, запись показаний приборов), т. е. перекодирования в формы того или иного уровня абстрактности, представляющие собой язык интерпретации физических явлений. Обращают на себя внимание неожиданно высокие результаты опознания некоторых приборов (осциллограф, трансформатор, амперметр и вольтметр). Однако для двух первых приборов это объясняется отнюдь не тем, что они часто используются в практике школьного обучения. Одновременно с предъявлением задания студенты (курсанты) должны были указать источник информации, из которого они получили соответствующие знания. В качестве возможных вариантов предлагались следующие альтернативы:

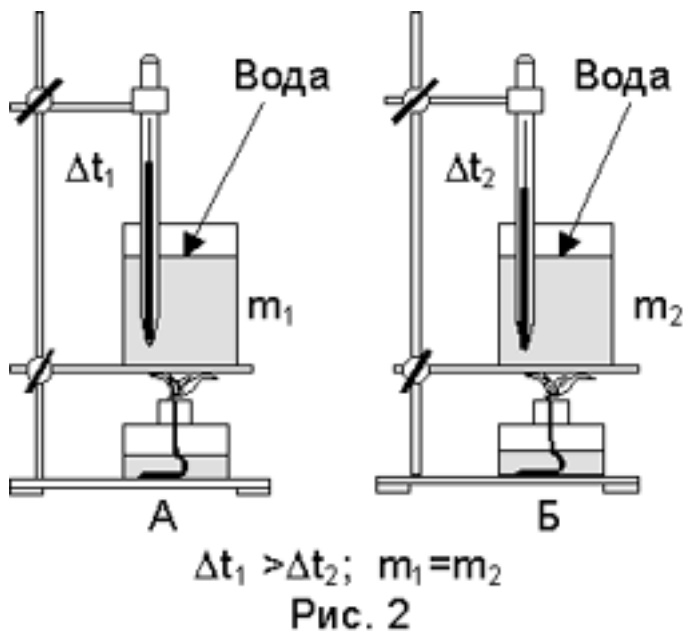
- демонстрация опытов учителем;
- выполнение лабораторных работ;
- рисунки в учебнике;
- телевидение;
- интернет;
- другое (выставки, занятия в технических кружках, семья и т. д.).

Оказалось, что наблюдение демонстраций и выполнение работ практикума явилось причиной опознания осциллографа лишь в 27% случаев (для трансформатора — в 34%). В остальных случаях учащиеся получали информацию из других источников. Разумеется, подобные данные являются в значительной степени субъективными и студенты далеко не всегда могут действительно вспомнить истинный источник информации.

Исключение составляют лабораторные амперметр и вольтметр. С этими приборами большинство студентов познакомилось на уроках физики в школе. Однако не всегда с этими приборами выполнялись реальные лабораторные работы с измерением силы тока и напряжения. Этим, по-видимому, объясняются низкие результаты, показанные студентами при записи показаний электроизмерительных приборов.

Таким образом, на основании полученных данных можно сделать вывод, что студенты недостаточно (для успешного обучения) владеют языком интерпретации чувственных данных, поступающих от реальных физических приборов, устройств и установок. Очевидно, что этому аспекту обучения не уделялось должного внимания в школе, поэтому в процессе обучения в высшей школе нужно специально формировать у студентов умения кодировать чувственные данные в абстрактно-символических формах.

Разумеется, что этой деятельности нужно начинать учить значительно раньше, ещё в основной школе. Для этого необходимо организовать специальное обучение, показывая последовательность действий и операций при переходе от чувственных данных к построению моделей. Хорошие результаты даёт методический приём, связанный с представлением информации в форме знаково-символического образа, сохраняющего в виде рисунка образ перцептивного поля, возникающего у учащихся при наблюдении физического опыта, но дополненный знаками и символами, облегчающими как вербальное перекодирование информации, так и переход к абстрактной модели, выраженной на языке математики. Пример такого знаково-символического образа физического опыта по исследованию зависимости количества теплоты от изменения температуры тела приведён на рисунке 2.



В дальнейшем, при переходе от уровня эмпирической физики к теоретическим моделям, в учебный процесс вводятся всё более абстрактные формы кодирования в виде таблиц, графиков, схем экспериментальных установок, математических уравнений, граф-схем. Суть заданий для учащихся заключается в перекодировании информации, заданной в одной из форм, и её репрезентации в других возможных формах. Рассмотрим пример построения подобной системы заданий при изучении темы «Переменный ток» для учащихся 11-х классов с углублённым изучением физики и для студентов Военно-технического университета (ВТУ),

которая применялась при формировании умений применять метод векторных диаграмм.

В этой теме можно выделить следующие виды кодирования, с помощью которых репрезентируется информация, описывающая модель цепи переменного тока:

а) символический:

- схема электрической цепи;
- векторная диаграмма;

б) графический:

- графики зависимостей силы тока и напряжения от времени с учётом сдвига фаз);
- резонансные кривые;

в) знаковый (уравнения зависимостей силы тока и напряжения от времени, формулы закона Ома, импеданса и угла сдвига фаз и т. д.);

г) вербальный (словесные формулировки законов, описания графиков, векторных диаграмм и других объектов, заданных различными невербальными способами кодирования информации);

д) образный (хранение информации в форме образного кода, хранящего существенные характеристики реальных физических объектов и позволяющего при их предъявлении опознать данные объекты).

В ходе констатирующего эксперимента было выяснено, что подавляющее большинство школьников и студентов воспринимает отдельные формы представления информации как самостоятельные единицы информации, не связанные в единое целое; не как различные модели одного и того же явления, отражающие его с различной степенью глубины и полноты, а как изолированные факты, подлежащие механическому заучиванию. Действительно, переход (перекодирование) от одной формы (модели) к другим связан с логико-математическими трансформациями исходной модели цепи переменного тока. Однако именно этот аспект обычно опускается в ходе учебного процесса. Учебный материал традиционно развивается в направлении от исходного дифференциального уравнения к его решению в виде математических формул и их графической иллюстрации. Векторная диаграмма цепи рассматривается лишь как дополнительный приём, позволяющий получить уже выведенные ранее формулы. Логика взаимных переходов между различными моделями не предъявляется в явном виде и не делается специальным предметом обучения и усвоения. Это неизбежно приводит к уже упомянутому выше печальному результату. Без специального обучения, раскрывающего механизмы умозаключений, позволяющих переходить от заданной формы кодирования к другим репрезентациям, умения перекодирования спонтанно не формируются. Поэтому на стадии формирования ориентировочной основы второго типа, соответствующей методу векторных диаграмм, необходимо предлагать обучаемым образцы логико-математической деятельности, с помощью которых осуществляется переход между различными формами репрезентации. При этом следует подчеркнуть, что эти формы в определённом смысле не эквиваленты друг другу, так как описывают явление с различной полнотой. Приведём описание заданий на перекодирование информации для школьников и студентов, которые применялись в ходе обучающего эксперимента.

Пусть задана символическая форма кодирования цепи переменного тока в форме векторной диаграммы, изображённой на рисунке 3. Необходимо реконструировать другие формы кодирования заданной информации и построить модели данного физического явления, представляющие собой возможные интерпретации исходной ситуации.

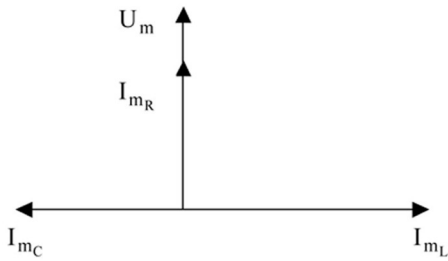


Рис. 3

Можно сформулировать следующие задания:

1. Изобразите одну из возможных схем электрической цепи, которой соответствует исходная диаграмма.

Примерную схему перекодирования информации можно представить в виде следующей цепочки умозаключений.

На рисунке изображены фазоры (псевдовекторы) трёх сил токов. Исходя из приведённых обозначений (на диаграмме изображены три фазора силы тока, снабжённые индексами R, C, L), можно умозаключить, что цепь содержит активное сопротивление, конденсатор и катушку индуктивности. Так как на диаграмме изображён один фазор амплитуды напряжения U_m общий для всех элементов цепи, то можно сделать вывод, что данные элементы соединены параллельно. Следовательно, данной векторной диаграмме соответствует схема, изображённая на рисунке 4.

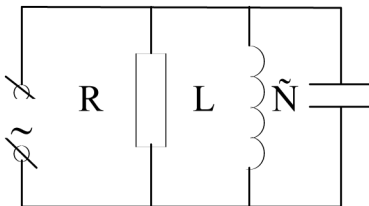


Рис. 4

2. Изобразите графики зависимости силы тока и напряжения от времени с учётом сдвига фаз между колебаниями данных величин.

Все элементы электрической цепи соединены параллельно, поэтому результирующий фазор амплитуды силы тока I_m находится как векторная сумма фазоров I_{mC} , I_{mL} и I_{mR} . Из исходной векторной диаграммы видно, что амплитуда колебаний силы тока, протекающего через катушку индуктивности I_{mL} , больше амплитуды тока, протекающего через конденсатор I_{mC} . Следовательно, фазор амплитуды силы результирующего тока, протекающего через реактивные элементы I_{mLC} на векторной диаграмме будет сонаправлен с фазором I_{mL} (рис. 5). Сложив полученный фазор с фазором амплитуды силы тока, протекающего через активное сопротивление, получим фазор результирующего тока I_m . По умолчанию в соответствии с общепринятым соглашением векторная диаграмма вращается как единое целое против часовой стрелки, поэтому колебания силы тока отстают по фазе от колебаний напряжения на величину угла φ . Именно этот эффект и следует изобразить на графиках зависимости силы тока и напряжения от времени (см. рис. 6).

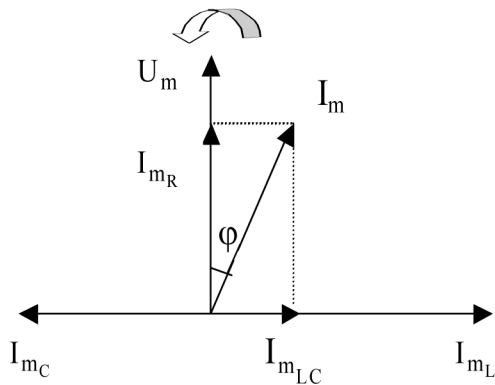


Рис. 5

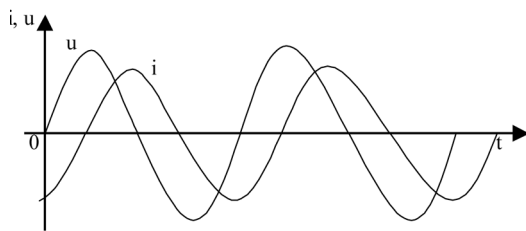


Рис. 6

3. Этот же вопрос можно поставить и в другой форме, попросив записать уравнения зависимости силы тока и напряжения от времени с учётом фазовых соотношений между колебаниями данных физических величин. Это задание проверяет умение студента переходить от графической к аналитической форме кодирования информации.

Проделав предыдущие рассуждения, студент приходит к выводу, что колебания силы тока отстают по фазе от колебаний напряжения. Предположим, что напряжение, приложенное к элементам цепи, изменяется с течением времени согласно уравнению $u = U_m \cos \omega t$. Тогда с учётом отставания по фазе уравнение зависимости силы тока от времени примет вид $i = I_m \cos(\omega t - \phi)$.

4. Ещё одним вариантом задания на знаковое математическое моделирование является вопрос о нахождении аналитического выражения для угла сдвига фаз между колебаниями силы тока и напряжения. Из рисунка 5 следует, что

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{I_{m_{LC}}}{I_{m_R}} = \frac{I_{m_L} - I_{m_C}}{I_{m_R}} .$$

5. С помощью исходной информации можно реконструировать и примерный вид резонансной кривой (графика зависимости амплитуды силы тока от частоты), соответствующей цепи, изображённой на рисунке 4.

Применяя к прямоугольному треугольнику на векторной диаграмме (см. рис. 5) теорему Пифагора, получим следующее соотношение между амплитудами сил токов, протекающих через все элементы цепи:

$$I_m = \sqrt{I_{m_R}^2 + (I_{m_L} - I_{m_C})^2} \quad (1).$$

Применив к каждому члену подкоренного выражения закон Ома для амплитудных значе-

ний, получим уравнение зависимости амплитуды силы тока от частоты

$$I_m = U_m \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{\omega L} - \omega C\right)^2} \quad (2).$$

Из него видно, что при $\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ функция принимает минимальное значение $I_m = \frac{U_m}{R}$, а при стремлении ω к нулю и к бесконечности амплитуда силы тока неограниченно возрастает. Примерный вид графика этой функции изображён на рисунке 7.

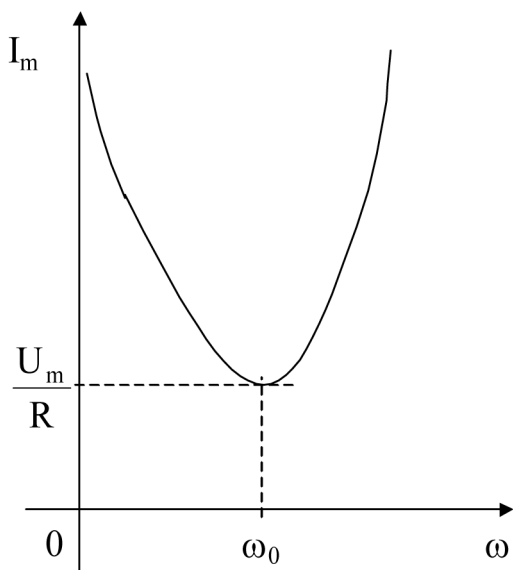


Рис. 7

6. Исходная векторная диаграмма позволяет построить и более глубокие знаковые математические модели. Формулы (1) и (2), полученные при описании предыдущего задания, представляют собой аналитические репрезентации амплитуды силы тока, выраженные либо через непосредственные данные исходной векторной диаграммы, либо полученные путем математического моделирования. Математическую модель можно развить и далее, попросив

студента найти выражение для импеданса цепи. Так как $z = \frac{U_m}{I_m}$, то из формулы (2) следует, что импеданс цепи находится с помощью следующего выражения:

$$z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{\omega L} - \omega C\right)^2}} \quad (3).$$

Аналогичным образом может быть трансформировано выражение для тангенса угла сдвига фаз

$$\operatorname{tg} \phi = R \left(\frac{1}{\omega L} - \omega C \right) \quad (4).$$

7. В процессе обсуждения исходного уровня обучаемых уже были описаны трудности, которые возникают у них при переходе от непосредственных чувственных данных к абстрактным формам представления информации. С точки зрения задачи формирования умений применять научный метод познания ещё более важным является переход от теоретических моделей к их эмпирической проверке. Поэтому задания на перекодирование информации следует дополнить вопросами, касающимися перехода от знаково-символических форм кодирования к проектированию установки, с помощью которой можно проверить справедливость следствий (математических моделей), разработанных на основе метода векторных диаграмм. Студентам можно предложить следующие вопросы и задания, направляющие их поисковую деятельность:

- Какие из следствий, разработанных на основе метода векторных диаграмм для данной электрической схемы, могут быть проверены экспериментально?
- Какие величины должны быть измерены для подтверждения следствия?
- Какие приборы для этого потребуются?
- Начертите схему электрической цепи, с помощью которой можно провести необходимые измерения.

Конечно, следующий шаг напрашивается сам собой — студенту следует предложить собрать соответствующую экспериментальную установку, провести необходимые измерения, обработать полученные данные и сделать вывод о подтверждении или опровержении (и его возможных причинах) предсказанного следствия. Однако собственно экспериментальная деятельность далеко выходит за пределы видов перекодирования физической информации, поэтому в рассмотренных заданиях экспериментальная деятельность студента не планируется.

Вернёмся к заданию, представленному векторной диаграммой, изображённой на рисунке 3. Одним из возможных вариантов электрической цепи, соответствующей данной диаграмме, является цепь с параллельным соединением элементов (см. рис. 4). Но создать реальный физический аналог этой цепи достаточно сложно, так как катушка индуктивности обладает активным сопротивлением. Если студент предлагает собрать электрическую цепь по схеме 4, соединив параллельно резистор, катушку индуктивности и конденсатор, то это является надёжным индикатором того, что в его сознании отсутствует чёткое разделение теоретических и эмпирических понятий, и он склонен рассматривать теоретические объекты как реально существующие. В этом, по нашему мнению, кроется одна из причин формализма в знаниях обучаемых. Студент, осознающий различие теоретических и эмпирических понятий, должен проанализировать, в какой мере реальные физические объекты являются носителями существенных свойств, выраженных теоретическими понятиями. Тогда сразу обнаруживается, что реальному объекту (катушке индуктивности) отвечает теоретический объект, который, например, в символической форме может быть задан схемой, изображённой на рисунке 8.



Рис. 8

Показателем того, что обучаемый не только понимает различие между теоретическими и эмпирическими понятиями, но и умеет конструировать реальные объекты, обладающие существенными свойствами, отражёнными в теоретических понятиях, является умение подобрать такие физические условия, при которых будет выполняться соответствие. Например,

студент может предложить перевести катушку индуктивности в сверхпроводящее состояние, но, очевидно, что в условиях обычной учебной лаборатории это вряд ли осуществимо. Более реалистичным является предложение использовать катушку, активным сопротивлением которой можно пренебречь (в пределах погрешности измерительных приборов) по сравнению с индуктивным сопротивлением. Пусть дана школьная катушка, наибольшая индуктивность которой равна 1 Гц, а заданная погрешность не должна превышать одного процента. Активное сопротивление обмотки, содержащей 3600 витков, равно 30 Ом. Тогда индуктивное сопротивление должно быть не менее 3000 Ом, поэтому опыт следует проводить на частоте порядка 500 Гц. Если при этом используется генератор с выходным напряжением 5 В, то можно рассчитать величину силы тока и подобрать миллиамперметр для её измерения и т.д. Однако, ещё раз повторим, что в заданиях на перекодирование информации от обучаемого не требуется провести реальный опыт. Он должен лишь выполнить интеллектуальные операции, включённые в состав экспериментальной деятельности, ответив на поставленные выше вопросы. Отвечая на первый вопрос, студент может указать любое из следующих выражений:

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{I_L - I_C}{I_R} ; I_{LC} = I_L - I_C;$$

$$I = U \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{\omega L} - \omega C\right)^2} ;$$

$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2} ,$$

где I и U — действующие значения силы тока и напряжения, соответственно, которые могут быть подвергнуты экспериментальной проверке. Ответ на второй вопрос вытекает из анализа написанных выше выражений. Например, для проверки первого следствия понадобятся амперметр для измерения силы переменного тока и двухлучевой осциллограф для измерения сдвига фаз между колебаниями силы тока и напряжения. Конечно, реальная схема включает резистор, конденсатор, катушку индуктивности, генератор переменного тока и соединительные провода. Кроме этого, для получения токовой кривой на экране осциллографа нужно последовательно с параллельной группой RCL включить резистор. Однако от обучаемого требуется лишь указать приборы, необходимые для измерения физических величин, входящих в проверяемое выражение.

Для данного частного случая ответ на третий вопрос может быть задан в виде схемы, изображённой на рисунке 9. Разумеется, студент должен указать, что она соответствует исходной векторной диаграмме только в том случае, если индуктивное сопротивление катушки много больше её активного сопротивления.

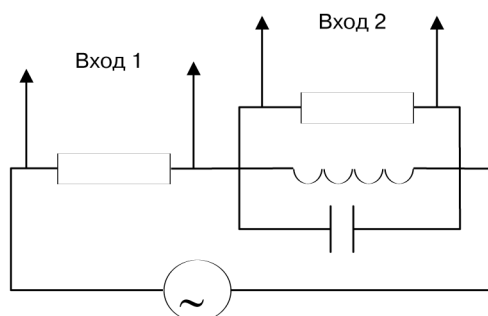


Рис. 9

Задания на перекодирование информации могут начинаться не только с предъявления теоретического объекта, но и с показа реальной установки или её образного аналога в виде фотографии или рисунка. Например, студент может получить карточку, на которой изображён рисунок электрической цепи, содержащей смешанное соединение элементов (см. рис. 10).

Наглядная модель

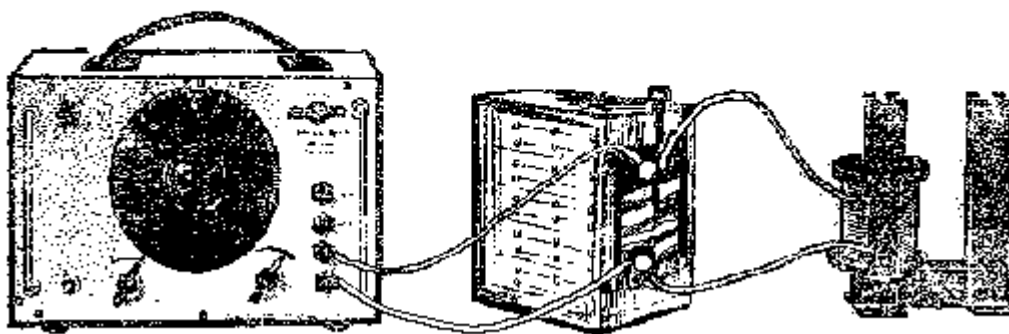


Рис. 10

Необходимо опознать изображённые на рисунке объекты и перекодировать информацию, представленную в образной форме, в знаково-символические формы.

Разумеется, различные формы представления информации (виды кодирования) не эквивалентны друг другу и позволяют описать одно и то же явление с разной полнотой. Наиболее информативна векторная диаграмма, с помощью которой можно однозначно реконструировать остальные формы представления информации и определить количественные характеристики электрической цепи (амплитуду колебаний силы тока, сдвиг фаз между колебаниями силы тока и напряжения, импеданс, мощность, выделяемую в цепи и т. д.). Правда, подобная однозначность верна только для цепей, в которых каждый вид нагрузки представлен одним элементом (это условие необходимо оговорить в задании). Аналогичной информативностью обладают и математические модели, представленные выражениями (1) — (4). Менее информативна схема электрической цепи, изображённая на рисунке 4. Одной и той же схеме может отвечать множество векторных диаграмм, отличающихся соотношением между модулями фазоров I_{m_L} и I_{m_C} . В свою очередь это повлияет и на фазовые соотношения между колебаниями силы тока и напряжения. Ещё менее информативны (в смысле возможности реконструировать другие виды кодирования информации) графическая форма описания и уравнения, представляющие колебания силы тока и напряжения. Одним и тем же графикам и уравнениям может отвечать множество электрических цепей и векторных диаграмм. На основании резонансной кривой можно сделать вывод, что в цепи присутствуют оба реактивных элемента (иначе резонанс невозможен) и активное сопротивление и они соединены параллельно, так как при резонансе амплитуда силы тока достигает минимального значения. Но одной и той же резонансной кривой может отвечать множество векторных диаграмм, сдвигов фаз и графиков зависимости напряжения и силы тока от времени. Однако определённая неэквивалентность (различная информационная ёмкость) разных видов кодирования с методической точки зрения нельзя рассматривать как недостаток, присущий отдельным видам представления информации. Понимание ограниченности каждого из видов, знание объёма информации, которую можно получить об объекте при его использовании, умение выбирать

тот вид представления, который в наибольшей степени соответствует условию задачи, — всё это является весьма важными показателями, характеризующими уровень овладения не только данным частным научным методом, но и общими интеллектуальными операциями перекодирования информации.

Задание для обучаемых можно оформить в виде карты, в которой представлены виды кодирования, соответствующие одному и тому же объекту. Ниже изображено примерное содержание такой карты для одной из электрических цепей (см. рис. 11). В данной карте представлены все виды кодирования. В карте для обучаемых остаются пустыми некоторые из полей, которые они должны заполнить.

Математические модели

$$U = I_{RL} \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} ;$$

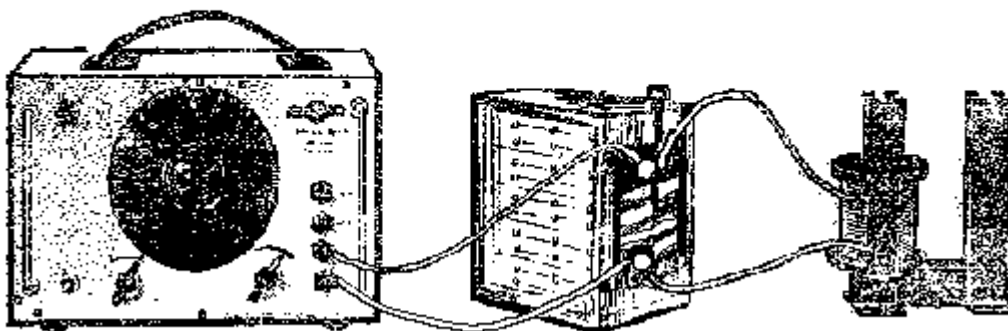
$$I_C = UC\omega ;$$

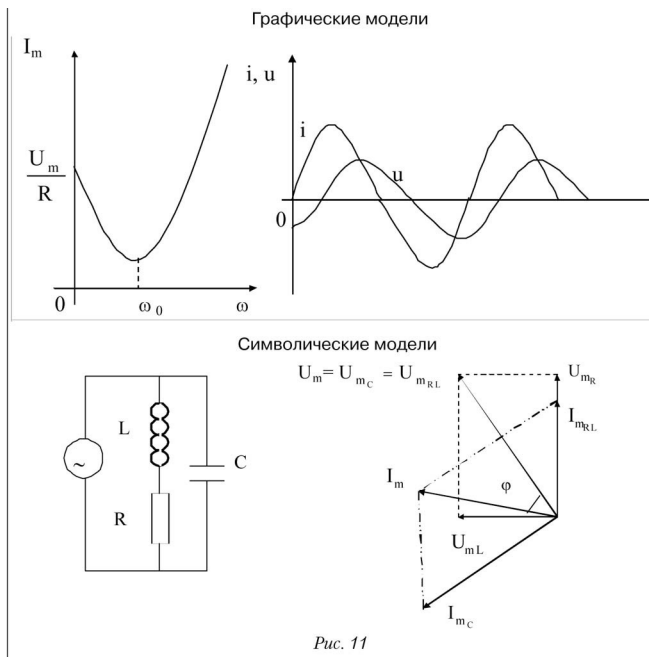
$$I = \sqrt{I_{RL}^2 + I_C^2 - 2I_{RL}I_C \cos\alpha} , \text{ где } \cos \alpha = \frac{\omega L}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} ;$$

$$I = U \sqrt{\frac{(1 - \omega^2 LC)^2 + R^2 \omega^2 C^2}{R^2 + \omega^2 L^2}} ;$$

$$z = \sqrt{\frac{R^2 + \omega^2 L^2}{(1 - \omega^2 LC)^2 + R^2 \omega^2 C^2}}$$

Наглядная модель





Эксперимент показал, что самопроизвольно, без специальной работы преподавателя умение перекодировать информацию не формируется.

Студенты рассматривают разные виды кодирования как отдельные, не связанные между собой формы представления информации, причём относят их не к разным формам выражения одной и той же теоретической модели, а к самостоятельным способам описания разных теоретических объектов. Поэтому мы рассматриваем задания на перекодирование информации как одно из наиболее мощных средств управления процессами систематизации знаний и формирования когнитивных схем, с помощью которых реализуется процесс теоретического моделирования.

Литература

1. Хьелл Л., Зиглер Д. Теории личности. СПб.: Питер, 2001.
2. Kelly G. The psychology of personal constructs (Vols. 1 and 2). New York: Norton, 1955.