

КАК ОБЪЯСНИТЬ НАГЛЯДНО «НЕНАГЛЯДНЫЕ» ЗАКОНЫ ОМА

Аналогии и модульная наглядность в изучении школьного курса электричества

Остапенко Андрей Александрович,

профессор Кубанского государственного университета и Екатеринодарской духовной семинарии, доктор педагогических наук, г. Краснодар, ost101@mail.ru

В СТАТЬЕ РАССМАТРИВАЮТСЯ ДИДАКТИЧЕСКИЕ ПРИЁМЫ НАГЛЯДНОГО ОБЪЯСНЕНИЯ НЕ ВПОЛНЕ ОЧЕВИДНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАКОНОВ. ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ПРИЁМ АНАЛОГИИ, КОГДА НЕОСЯЗАЕМЫЕ ПОНЯТИЯ И ЯВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ ПОСТИГАЮТСЯ ЧЕРЕЗ СУЩЕСТВЕННО СХОЖИЕ ВИДИМЫЕ ПРОЦЕССЫ В ГИДРОДИНАМИКЕ. ТАКЖЕ ПРЕДЛОЖЕНА МОДУЛЬНАЯ ГРАФИЧЕСКАЯ ОПОРА, УКРУПНЯЮЩАЯ И ОБЪЕДИНЯЮЩАЯ НЕСКОЛЬКО РАЗРОЗНЕННЫХ ПАРАГРАФОВ ШКОЛЬНОГО КУРСА.

- дидактический приём • наглядное объяснение • аналогия в дидактике • модульная опора
- приёмы инфографики • Закон Ома для участка цепи • закон Ома для полной цепи

Более чем тридцатилетний опыт преподавания школьной физики показывает, что изучение электрических явлений вызывает некие трудности у школьников по причине того, что эти явления невидимы и неосязаемы. Электрическое поле невидимо, электрический ток невидим и неосязаем (разве что языком лизнуть контакты батарейки), электрическое напряжение, глядя на два отверстия розетки, не почувствуешь.

И тогда для понимания этих физических явлений разумно использовать аналогию как дидактический приём. Электрический ток в проводнике легко сравнить с потоком жидкости в трубе. Гидродинамика, которая осязаема и видима, вполне нам может помочь. И сложный закон Ома вполне может быть усвоен на следующем примере.

Возьмём два сообщающихся сосуда (рис. 1), соединённых трубой с вентилем.

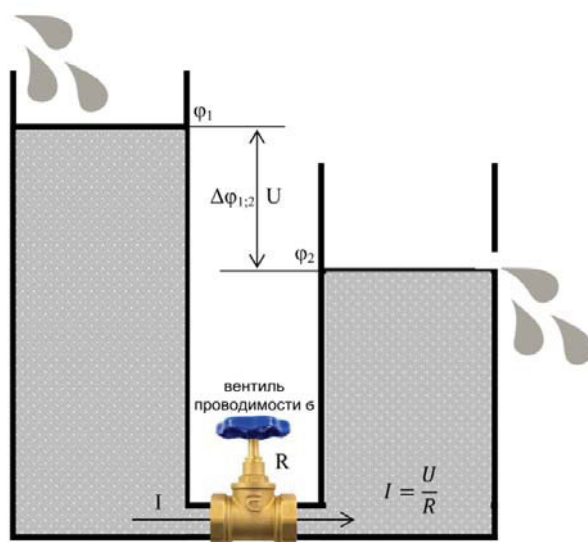


Рис. 1.

Правый сосуд имеет отверстие, выше которого вода подниматься не может. В левый сосуд будем постоянно добавлять воду для поддержания постоянного уровня. Получаем модель, по которой легко объяснить суть закона Ома, прибегнув к гидродинамической аналогии.

На разной высоте потенциальная энергия ($E_p = mgh$) и гравитационный потенциал ($\varphi = gh$) воды будет различен. Эта разность гравитационных потенциалов создаёт «напряжение» гравитационного поля U , от которого прямо пропорционально будет зависеть величина потока («сила тока») I воды ($I \sim U$).

В зависимости от того, насколько будет открыт или закрыт вентиль между сообщающимися сосудами, поток воды будет либо уменьшаться, либо увеличиваться. Иными словами, величина потока прямо пропорциональна проходимости крана ($I \sim \sigma$) или же обратно пропорциональна степени его перекрытия (т.е. сопротивления) ($I \sim \frac{1}{R}$, где $\sigma = \frac{1}{R}$).

В целом можно сформулировать «квазизакон Ома» для гидродинамики: *величина потока жидкости прямо пропорциональна разности уровней жидкости в сообщающихся сосудах и обратно пропорциональна степе-*

ни перекрытия крана в трубе, соединяющей сосуда ($I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R} = \frac{U}{R}$).

Этот пример настолько очевиден, что дальше не представляет никакой трудности перейти в терминологию законов электричества, объясняя, что эту разность потенциалов обеспечивают разные уровни энергии электрического поля в разных отверстиях розетки.

Один из моих любимейших вопросов на уроке физики: «Почему в розетке два отверстия?». Как правило, в классе находится ученик (чаще ученица), который, не подумав, выпалит: «В одном отверстии — *плюс*, в другом — *минус*». Это замечательная педагогическая ситуация, после которой легко объяснить нелепость ответа и почему вилку в розетку можно вставлять любой стороной.

Идём дальше. Объяснив закон Ома для участка цепи, легко в дальнейшем на той же гидродинамической аналогии объяснить закон Ома для полной цепи (рис. 2).

Выплёскивающуюся из правого сосуда воду соберём в ёмкость, в которую опустим шланг, соединённый с насосом. Он будет перекачивать эту воду в левый сосуд. Таким образом «замкнём цепь».

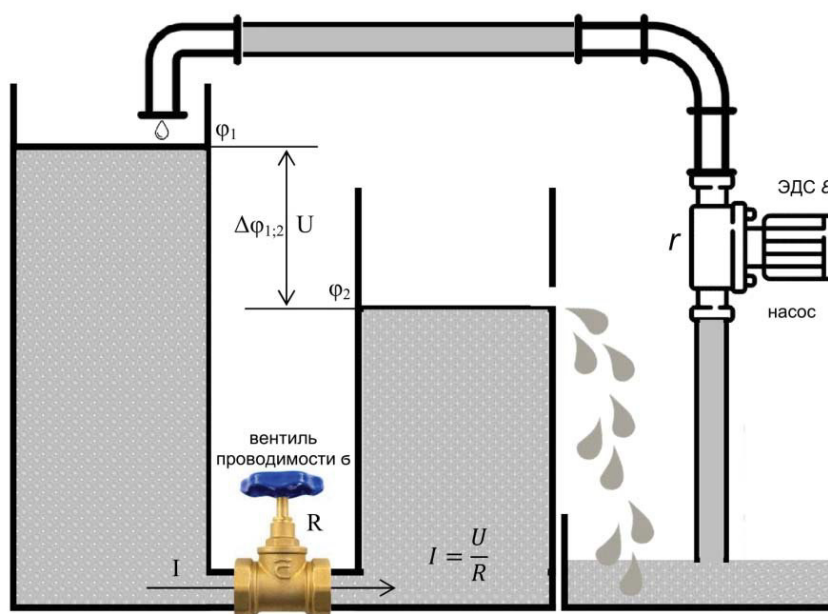


Рис. 2.

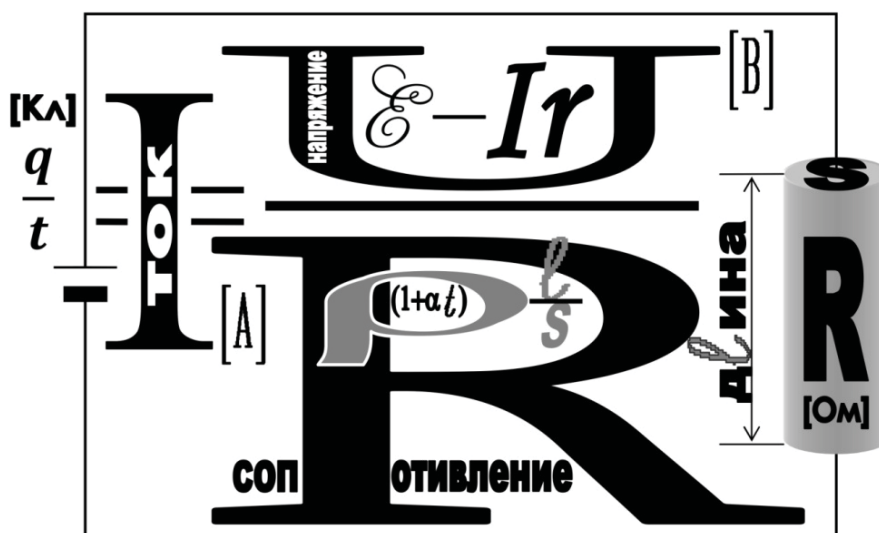


Рис. 3.

Для того, чтобы насос работал, ему нужна внешняя энергия ($\mathcal{E}$, аналог ЭДС). Часть этой энергии израсходуется без пользы на преодоление внутреннего трения r в насосе (условно на его нагревание). Оставшаяся энергия ($\mathcal{E} - Ir$) пойдёт на создания или поддержания разности уровней воды (т.е. напряжения) в сосудах. А эта разность в свою очередь будет создавать поток воды в трубе. Далее нет ничего проще, как провести аналогию между гидродинамикой и электричеством, что для учителя уже не представляет никакой сложности.

Опыт показывает, что запись уравнения закона Ома для полной цепи в виде $I = \frac{\mathcal{E} - Ir}{R}$ более понятна, чем традиционно применяемое уравнение $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$.

Закрепить материал удобно, используя модульную графическую опору (рис. 3), охватывающую значительный объём школьного курса электричества: от введения понятия электрического тока, условных обозначений и единиц измерения до изложения сути законов Ома.

Сделаем необходимые комментарии к рисунку 3.

1. Записи типа I , U представляют собой хорошо известный в дизайне рекламы приём записи текста поверх изобра-

жения, что позволяет легко усваивать ассоциацию «текст-изображение».

2. Записи типа R или $\text{соп}R\text{отв}$ -

тивление, длина , – Амплитуд+А получили в дидактике название «вставных аббревиатур». Они легко позволяют запоминать условные буквенные обозначения величин и понятий.

3. Во множестве работ П.М. Эрдниева и его последователей многократно приводится в качестве средства укрупнения дидактических единиц метод кратной записи, заключающийся в сдваивании, страивании и т.д. записей. П. М. Эрдниев определяет кратную запись как «конкретный способ оформления учебной информации», заключающийся в «параллельной печати контрастных суждений или двухэтажной записи некоторых аналогичных определений и правил» [1]. Приём «матрёшка» является особым видом кратной записи, при которой закодированное уточнение ранее закодированной информационной единицы графически располагается внутри неё. Например, в одну запись можно свести две формулы

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (\text{зависимость сопротивления про-}$$

водника от его длины и площади поперечного сечения) и $\rho = 1 + \alpha$ (зависимость удельного сопротивления от температуры), используя одновременно вставную аббревиатуру для обозначения $\text{соп}R\text{отв}$ сопротивления.

4. Запись закона Ома для полной цепи в виде формулы $I = \frac{\mathcal{E} - Ir}{R}$, на наш взгляд, более глубоко раскрывает физический смысл этого закона, а числитель дроби, записан-

ный как $\mathcal{E} - Ir$, показывает, что напряжение создаётся ЭДС, часть которой тратится на преодоление внутреннего сопротивления r . А показать тождество этой записи закона и привычной формулы не представляет труда.

5. Обрамление опоры при помощи некоторых элементов электрических цепей позволяет легко усваивать их условные обозначения.

Апробация описанного дидактического приёма проведена в гимназии станицы Азовской Северского района Краснодарского края. □

Список использованных источников:

1. Эрдниев П. М. Укрупнение дидактических единиц как технология обучения. В 2-х ч. Ч. 1. М.: Просвещение, 1992. С. 10.

References:

1. Erdniev P. M. Ukrupnenie didakticheskikh edinic kak tekhnologiya obucheniya. V 2-h ch. Ch. 1. M.: Prosveshchenie, 1992. S. 10.