

## НЕКОТОРЫЕ ПРИБОРЫ И ОПЫТЫ ПО ФИЗИКЕ

В. В. Петраевский

(г. Камышин, Сталинградский педагогический институт)

Физический эксперимент во многих школах стоит на невысоком уровне, хотя физика располагает огромным экспериментальным наследством. Известно большое количество приборов, опытов, приемов, разработанных для наблюдения и изучения физических явлений.

Физические кабинеты наших школ пострадали, а на значительной части территории и вовсе уничтожены. Немецкий фашизм и здесь пытался разрушить нашу культуру. Много школ возрождается сейчас буквально на пепелищах, и поэтому именно сейчас особое значение приобретает квалификация учителя физики, его умение вести экспериментально обоснованное изложение при самых ограниченных средствах. Известно значительное количество простых остроумных приборов. Их простота не снижает их ценности, — наоборот, их большая методическая ценность в их простоте и наглядности. Для учителя физики надо признать обязательным умение сделать простой прибор, а главное — уметь его использовать, уметь исчерпать все его возможности, выявить всю его методическую ценность при изучении физических явлений.

Нельзя думать, что все лучшие средства экспериментального обоснования найдены и в этой области делать больше нечего. В статье приводится несколько примеров постановки физического эксперимента и вспомогательных нагляд-

ных средств при изложении некоторых вопросов физики.

### Опыты по электромагнитной индукции

1. Широко известен опыт, изображенный на рис. 1. При замыкании цепи катушка или надевается на полюс магнита или отталкивается от него, в за-

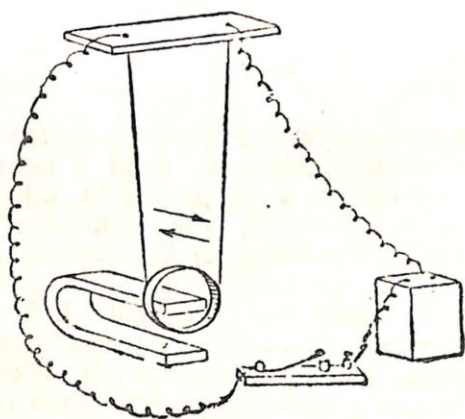


Рис. 1

висимости от направления тока в катушке и от направления силовых линий, исходящих от полюсов магнита. Опыт прекрасно выходит, если элемент заменить катушкой от разборного трансформатора и вносить в нее или выносить из нее полюс большого подковообразного магнита (рис. 2). При последова-

тельной демонстрации первого и второго опытов весьма отчетливо выступает тот факт, что катушка при перемещении внутри нее магнитного полюса является источником тока. Опыт служит индикатором индукционного тока, и с этой установкой можно провести изучение явлений электромагнитной индукции. Кроме того, это наглядный пример превращения механической энергии в электрическую в неподвижной катушке и электрической в механическую в подвижной.

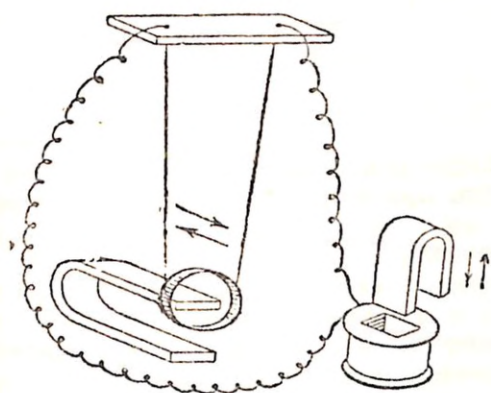


Рис. 2

Вторую подвижную катушку можно рассматривать как продолжение первой неподвижной, и характер ее взаимодействия с магнитным полюсом может говорить нам о таком же взаимодействии первой неподвижной катушки с полюсом перемещаемого магнита. Это пока только догадка. Позже такое взаимодействие может быть обнаружено и непосредственно.

Подвижная катушка наматывается из тонкой проволоки (0,1 мм). Витков берется около 100. Подвешивать ее нужно на достаточно длинных проводниках (1—2 м).

2. Всякое превращение одного вида энергии в другой, сопровождающееся перемещением, связано с преодолением сил сопротивления. Силы сопротивления в случае движения являются источниками нового вида энергии, возникающей в процессе преобразования. Само понятие о силах сопротивления возникает из наблюдения над убыванием энергии, принимающей другой вид. Изучение сил сопротивления при индукции имеет поэтому исключительно важное значение. Правило Ленца, утверждающее наличие этих сил, является выражением закона сохранения энергии, и явлению электро-

магнитной индукции и его изучению должно быть уделено особое внимание. Нередко изучение этого правила сводится только к заучиванию громоздкой формулировки без экспериментального разъяснения всех основанных на нем явлений и без достаточных указаний на его значение. Усваивается оно учащимися в этом случае только как правило для определения направления индукционного тока. Такое понимание правила Ленца является серьезным заблуждением, это правило никак нельзя ставить в один ряд с мнемоническими правилами.

Для правильного экспериментального изложения этого вопроса нужны простые и наглядные опыты. Известные опыты Э. Томсона эффектно демонстрируют индуктивное отталкивание, но их толкование при использовании переменного тока довольно сложно, а продемонстрировать возникновение силы сопротивления при индукции необходимо даже в 7-м классе. В программе по этому поводу имеется определенное указание: „Возникновение индукционного тока за счет механической энергии“.

Между тем, показать необходимость и наличие сил сопротивления при индукции можно довольно простыми средствами.

Обратимся снова к опыту, изображенному на рис. 2. Размыкаем цепь и выносим магнит из катушки, поднимая его на высоту 20 см. Магнит весит 0,4 кг. Определим величину произведенной работы:

$$AA_1 = 0,4 \cdot 0,2 = 0,08 \text{ кгМ}$$

Работа затрачена только на преодоление силы тяжести 0,4 кг на пути 0,2 м, так как индукционный ток в цепи не возникал — цепь была разомкнута.

Замкнем теперь цепь и повторим опыт. Подвижная катушка пришла в движение, и это служит для нас признаком затраты энергии на возникновение индукционного тока.

Теперь, кроме энергии, необходимой для подъема магнита, мы затратили некоторое количество энергии на движение подвижной катушки.

Работа в этом случае:

$$A_2 = F \cdot 0,2 > A_1$$

$$F \cdot 0,2 > 0,08 \text{ кгМ};$$

$$F > 0,4 \text{ кг}.$$

Следовательно, при индуктировании тока магнитом в замкнутом контуре должна возникать сила сопротивления.

Что такие силы действительно возникают, можно проверить на опыте с прибором, изображенным на рис. 3. Два одинаковых алюминиевых кольца соединены алюминиевой пластинкой, к середине которой прикреплена шляпка от магнитной стрелки. Прибор поставлен на острие иглы. Одно из колец разрезано. Осторожно, чтобы не задеть

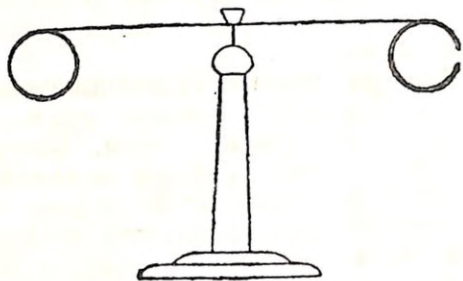


Рис. 3

кольца, вносим полюс подковообразного магнита в неразрезанное кольцо. Кольцо отталкивается от магнита. Задерживаем кольцо, вносим полюс магнита в кольцо и затем быстро его выносим. Кольцо следует за магнитом и делает 1,5—2 оборота вокруг оси.

Опыт с предельной простотой и наглядностью демонстрирует наличие сил сопротивления при индукции тока относительным перемещением витка и магнита.

Повторим его с разрезанным кольцом.

Обнаруживаем, что движение отсутствует. Обращаем внимание, что кольцо разрезано и не представляет собой замкнутого проводника. Возникновение токов в нем невозможно, и потому не наблюдается его взаимодействия с полюсом магнита. Этим сопоставлением подчеркивается, что взаимодействие кольца с магнитом возможно только тогда, когда возможно преобразование механической энергии в электрическую, что наблюдаемое явление есть процесс преобразования энергии.

Истолковываем его как взаимодействие магнитных полей короткозамкнутого витка и магнита.

Обращаем внимание, что при внесении любого полюса наблюдается отталкивание кольца от магнита, при вынесении — притяжение т. е., что характер взаимодействия не зависит от наимено-

вания полюса, а зависит исключительно от направления движения, и устанавливаем правило: „Индукционные токи всегда направлены так чтобы своим магнитным действием противодействовать тому движению, которым они направляются“.

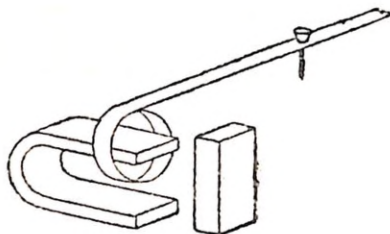


Рис. 4

Пользуясь этим прибором, можно показать применимость правила Ленца к другим способам получения индукционного тока.

Вносим полюс подковообразного магнита в кольцо и якорем замыкаем и размыкаем магнитную цепь. Этим мы вызываем изменение магнитного потока внутри кольца и индуктируем в нем ток (рис. 4).

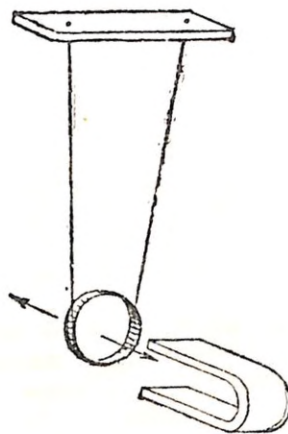


Рис. 5

По характеру взаимодействия магнитных полей витка и магнита устанавливаем, что в первом случае магнитное поле витка противоположно полю магнита и его ослабляет, а во втором случае имеет одинаковое с ним направление и его усиливает. Итак, если ток индуктируется усилением магнитного потока, магнитное поле индуктированного тока его ослабляет; если ток индуктируется ослаблением магнитного потока, магнитное поле индуктирован-

ного тока его усиливает. Каждый раз магнитное поле индукционного тока противодействует причине его возникновения.

Следовательно, при индуктировании тока в замкнутом проводнике всегда появляется противодействие причине его возникновения. Энергия, затраченная на преодоление этого сопротивления, и превращается в электрическую энергию. Привожу более подробные данные о приборе.

Диаметр кольца 34 мм, ширина его 12 мм, толщина колец 1 мм. Расстояние между центрами колец 120 мм. Вес прибора 7,5 г (без подставки). Магнит для опытов употребляется подковообразный из набора по магнетизму. С более сильным магнитом опыты будут еще эффективней. Размеры прибора можно варьировать в зависимости от имеющегося магнита. Располагая большим сильным магнитом, можно делать прибор больших размеров. Высокая чувствительность прибора обеспечивается малым сопротивлением в опоре, отсутствием возвращающих сил, малым сопротивлением электрическому току кольца и малым весом подвижной части прибора (малым моментом инерции). Токи в кольце имеют чрезвычайно большие мгновенные значения—порядка сотен ампер. Вращающий импульс не будет зависеть от скорости движения вставляемого в кольцо магнита, и, только благодаря трению, чересчур медленное движение не приводит к сильному передвижению подвижной части прибора.

С большой простотой и наглядностью демонстрируется наличие сил сопротивления при индукции и превращение механической энергии в электрическую в опыте, изображенном на рис. 5. Алюминиевое кольцо, подвешенное на нитях, отклоняется от положения равновесия, и затем ему предоставляется возможность колебаться. Колебания будут постепенно затухать и почти совершенно прекратятся после 40—50 колебаний. Энергия, которая была сообщена этому маятнику, постепенно израсходовалась на преодоление вредных сопротивлений и обратилась в теплоту. Вставим теперь полюс подковообразного магнита внутрь кольца, кольцо отклоним на прежний угол от положения равновесия и снова заставим колебаться, причем кольцо будет надеваться на полюс магнита при каждом качании. Кольцо остановится, сделав едва 4—5 колебаний, потому что

теперь энергия расходуется не только на преодоление трения, но значительная ее часть тратится на преодоление взаимодействия между магнитными полями магнита и кольца. Эта часть энергии полностью обращается в энергию электрическую, а затем через Джоулево тепло—в теплоту, и кольцо нагревается.

Быстрое поглощение энергии маятника при индуктировании тока в кольце ярко демонстрирует превращение механической энергии в электрическую, и на этом нужно умело сосредоточить внимание учащихся.

Кольцо для этого опыта берется такое же, как и в предшествующем опыте. Длина нитей около 1 м.