

прямым углом, выбрасывает молекулу в конце концов сбоку от пластинки (см. рис. 2).

Другой подход можно назвать «термическим»: специальная жидкость (например, жидкий азот или гелий) постоянно охлаждает «неупругую» поверхность, и средняя энергия отлетающих молекул, определяемая температурой поверхности, будет гораздо меньше, чем энергия падающих молекул.

Какой же из вариантов выбрать? Может показаться, что первый проще и экономичнее: не нужно тратить усилий на поддержание запасов охлаждающей жидкости, а для вращения устройства нужно только поддерживать стенки сосуда при постоянной температуре. Возможно, что такое устройство представляло бы собой нечто замечательное и для человечества весьма полезное. Ведь никто не говорит, какой именно должна быть температура стенок. Можно поместить миллион та-

ких устройств в океан и качать сколько угодно энергии, а потери энергии будут постоянно компенсироваться солнечными лучами. Но люди давно поняли, что подобные устройства – которые могли бы работать за счет энергии *одного* теплового резервуара – ничем не отличаются от вечного двигателя. Их даже тоже называли вечными двигателями, но *второго рода*. На попытки сконструировать такой двигатель было затрачено, неверное, не меньше усилий, чем на создание обычных вечных двигателей (*первого рода*), – но безуспешно. И это, конечно, неслучайно. На пути изобретателей стоял второй закон (второе начало) термодинамики. Одна из формулировок этого закона гласит: «Невозможен процесс, единственным результатом которого было бы превращение в работу теплоты, взятой из резервуара при постоянной температуре». Или так: «Невозможно существование циклической машины,

работающей за счет энергии одного теплового резервуара».<sup>1</sup> Так что «механический» подход к конструированию неупругой поверхности не может быть успешным (кстати – подумайте, почему он не будет работать).

А вот второй, «термический», подход – с использованием охлаждающей жидкости – не противоречит второму закону термодинамики. Ведь кроме «нагревателя» в виде стенок сосуда здесь присутствует и «холодильник» в виде жидкого азота. Но, к сожалению, эффективность такого устройства вряд ли будет высокой.

Итак, ничего вечного и дарового не существует. Хотя, конечно, жаль.

<sup>1</sup> Затронутая здесь тема (второе начало термодинамики и вечные двигатели второго рода) обсуждаются также в статье «О квантовой природе теплоты». (Прим. ред.)

## Закон электромагнитной индукции или «правило потока»?

М. ЛИВШИЦ

В ФИЗИКЕ возможны (хотя и редко) ситуации, когда одна и та же формула допускает различное содержание, т.е. описывает разные по сути физические законы. Рассмотрим один такой случай, связанный со знаменитым законом электромагнитной индукции, открытым Фарадеем.

**«Правило потока» как объединение двух законов.** Физический смысл закона Фарадея заключается в том, что изменяющееся во времени магнитное поле порождает вихревое электрическое поле. А именно, при изменении *во времени* магнитного потока ( $\Phi$ ), пронизывающего поверхность, ограниченную замкнутым *неподвижным* проводником, в этом проводнике индуцируется ЭДС ( $E_i$ ), равная по величине и противоположная по знаку скорости

изменения этого потока:

$$E_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}. \quad (*)$$

Это соотношение называют также «правилом потока».

Однако формулу (\*), называя по-прежнему законом электромагнитной индукции, в ряде учебников, в том числе и школьных, понимают более широко, включая еще одну причину возникновения ЭДС в проводящем контуре. Этой причиной является сила Лоренца, т.е. сила, действующая на движущийся заряд в магнитном поле. Величина этой силы равна

$$F_L = qvB \sin \alpha,$$

где  $q$  – величина заряда,  $v$  – скорость его движения,  $B$  – модуль вектора

магнитной индукции поля, в котором движется заряд,  $\alpha$  – угол между векторами  $\vec{v}$  и  $\vec{B}$ . Направление силы Лоренца определяется известным правилом левой руки.

Рассмотрим простейший случай движения проводника в магнитном поле, показанный на рисунке 1. Под действием силы Лоренца свободные электроны в проводнике (пластинке) перемещаются так, что нижний конец пластинки заряжается отрицательно,

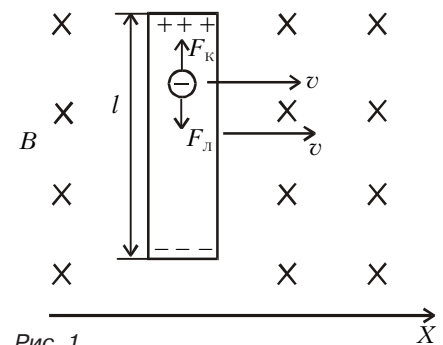


Рис. 1

а верхний – положительно. Это происходит до тех пор, пока возникающее из-за смещения электронов электрическое поле не начнет действовать на электроны кулоновской силой, равной по величине и противоположной по направлению силе Лоренца. Таким образом действие силы Лоренца на свободные заряды проводника, движущегося в магнитном поле, приводит к возникновению ЭДС индукции. Хотя