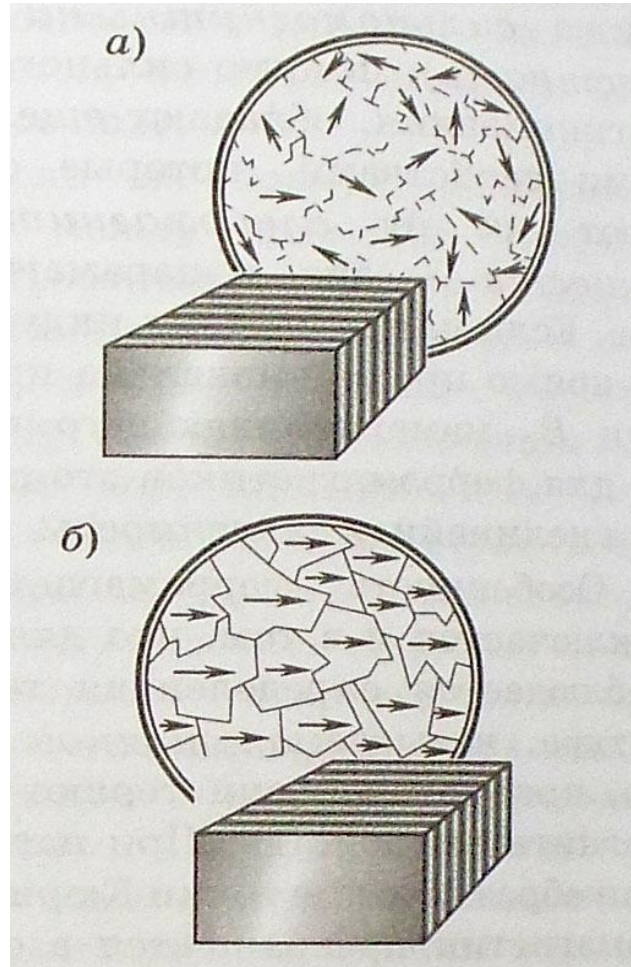


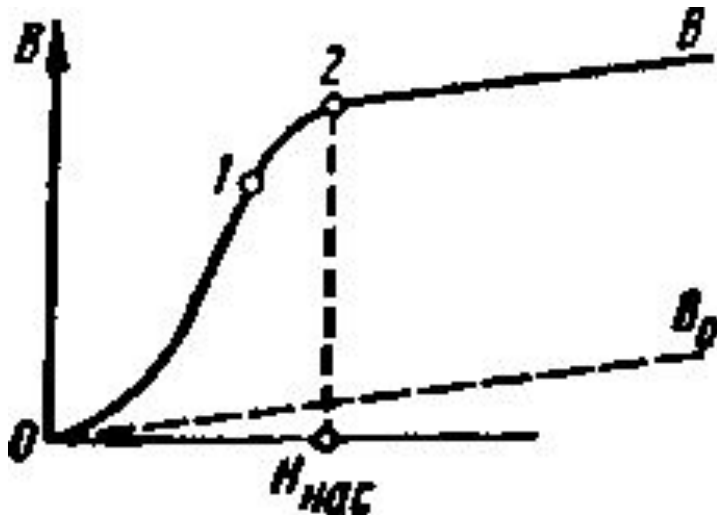
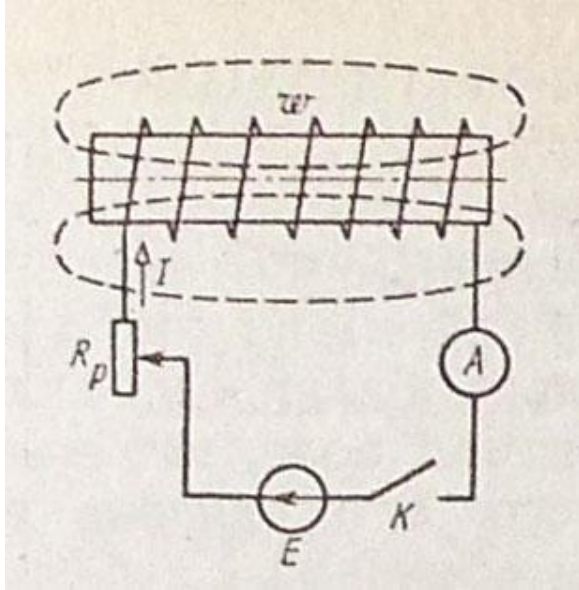
**НАМАГНИЧИВАНИЕ
ФЕРРОМАГНИТНЫХ
МАТЕРИАЛОВ.
МАГНИТНЫЕ ЦЕПИ**

- Материалы, обладающие большой магнитной проницаемостью ($\mu_r=10^2-10^3$), называют ферромагнитными.
- К ним относятся железо Fe, никель Ni и кобальт Co, а также их сплавы с некоторыми материалами (электротехнические стали).



- Ферромагнитные материалы имеют области самопроизвольного намагничивания- **домены**.
- Состояние доменов характеризуется *вектором намагниченности*.
- При отсутствии внешнего магнитного поля намагниченность тел из ферромагнитных материалов отсутствует (рис.а).
- При воздействии внешнего магнитного поля домены разворачивают свои вектора намагниченности по направлению этого поля (рис. б).

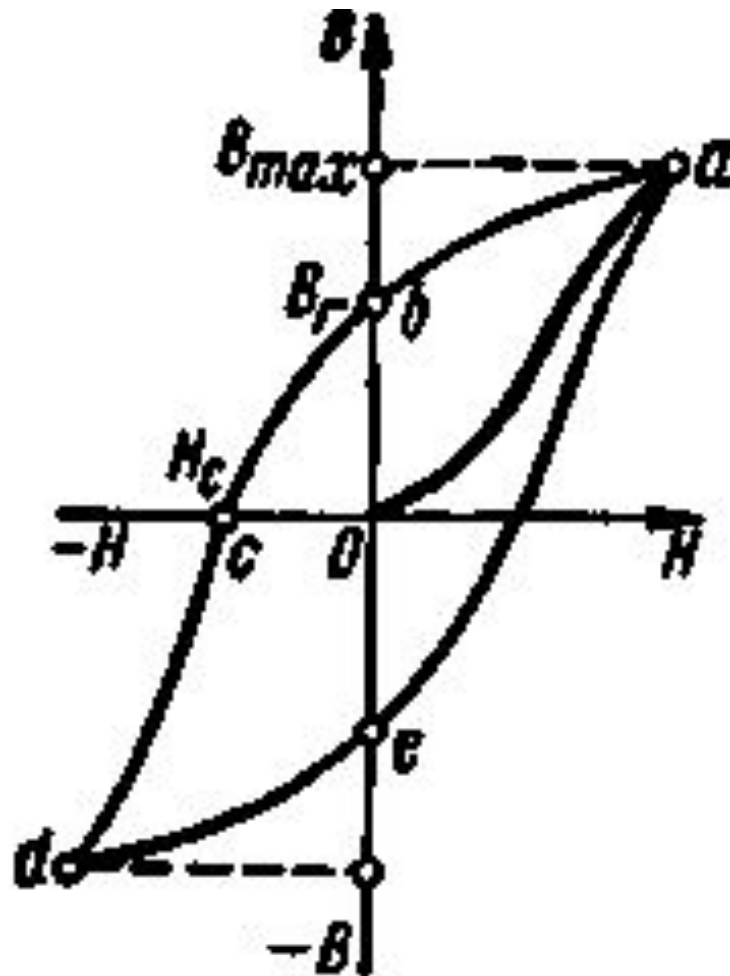
Процесс намагничивания ферромагнитного сердечника



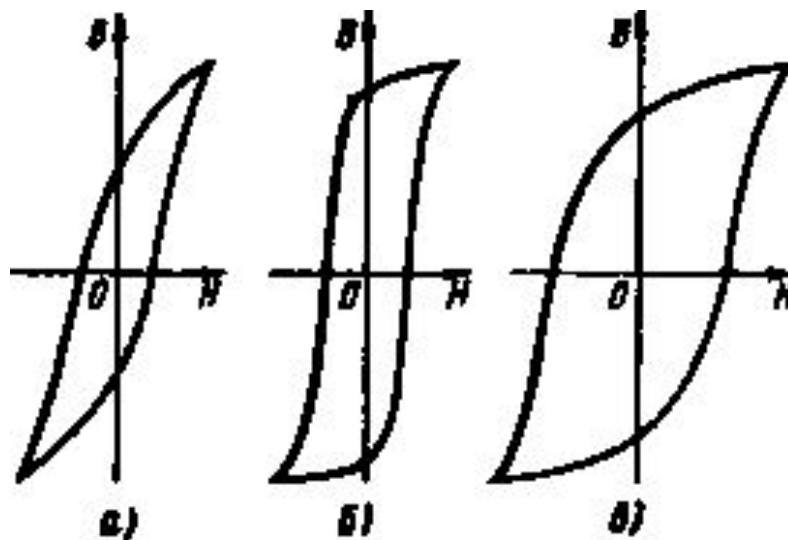
- Предположим, что катушка имеет сердечник, который в исходном состоянии размагничен. По мере увеличения тока в катушке магнитная индукция в сердечнике быстро возрастает (участок $O—1$ кривой намагничивания). Это объясняется ориентацией векторов намагниченности ферромагнитного сердечника. Затем интенсивность ориентации замедляется (участок $1—2$ кривой намагничивания); точка 2 соответствует магнитному насыщению, т. е. при некотором значении напряженности поля $H_{нас}$ все домены сориентированы и при дальнейшем увеличении тока в катушке индукция поля растет также, как она росла бы при отсутствии сердечника.
- Полученная кривая называется основной кривой намагничивания

- Если через катушку пропускать ток, меняющий свое направление, то сердечник будет перемагничиваться. Рассмотрим этот процесс. При увеличении тока в катушке магнитная индукция возрастает до индукции насыщения (точка o). При уменьшении тока магнитная индукция снижается но так, что при тех же значениях H она оказывается больше значений магнитной индукции, соответствующих увеличению тока. Это объясняется тем, что часть доменов еще сохраняет свою ориентацию. Таким образом, $H=0$ в сердечнике сохраняется магнитное поле, характеризуемое остаточной индукцией B_r (точка b). При увеличении тока в противоположном направлении магнитное поле катушки компенсирует магнитное поле, созданное доменами сердечника. При напряженности поля H_c (точка c), которая называется *коэрцитивной силой*, результирующая магнитная индукция окажется равной нулю. Дальнейшее увеличение тока в катушке вызовет перемагничивание сердечника, т. е. поворот векторов намагниченности на 180° . Процесс повторяется, но в противоположном направлении.
- Полученную кривую называют петлей *гистерезиса* (запаздывания). Участок Oa характеристики намагничивания называют основной кривой намагничивания.

Петля гистерезиса



- Процесс перемагничивания связан с затратами энергии и сопровождается выделением теплоты. Энергия, которая затрачивается за один цикл перемагничивания, пропорциональна площади ограниченной петлей гистерезиса.
- В зависимости от вида петли гистерезиса ферромагнитные материалы подразделяют на магнитомягкие и магнитотвердые.
- Магнитомягкие материалы обладают круто поднимающейся основной кривой намагничивания и относительно малыми площадями гистерезисных петель. Для магнитотвердых материалов характерны пологость основной кривой намагничивания и большая площадь гистерезисной петли.

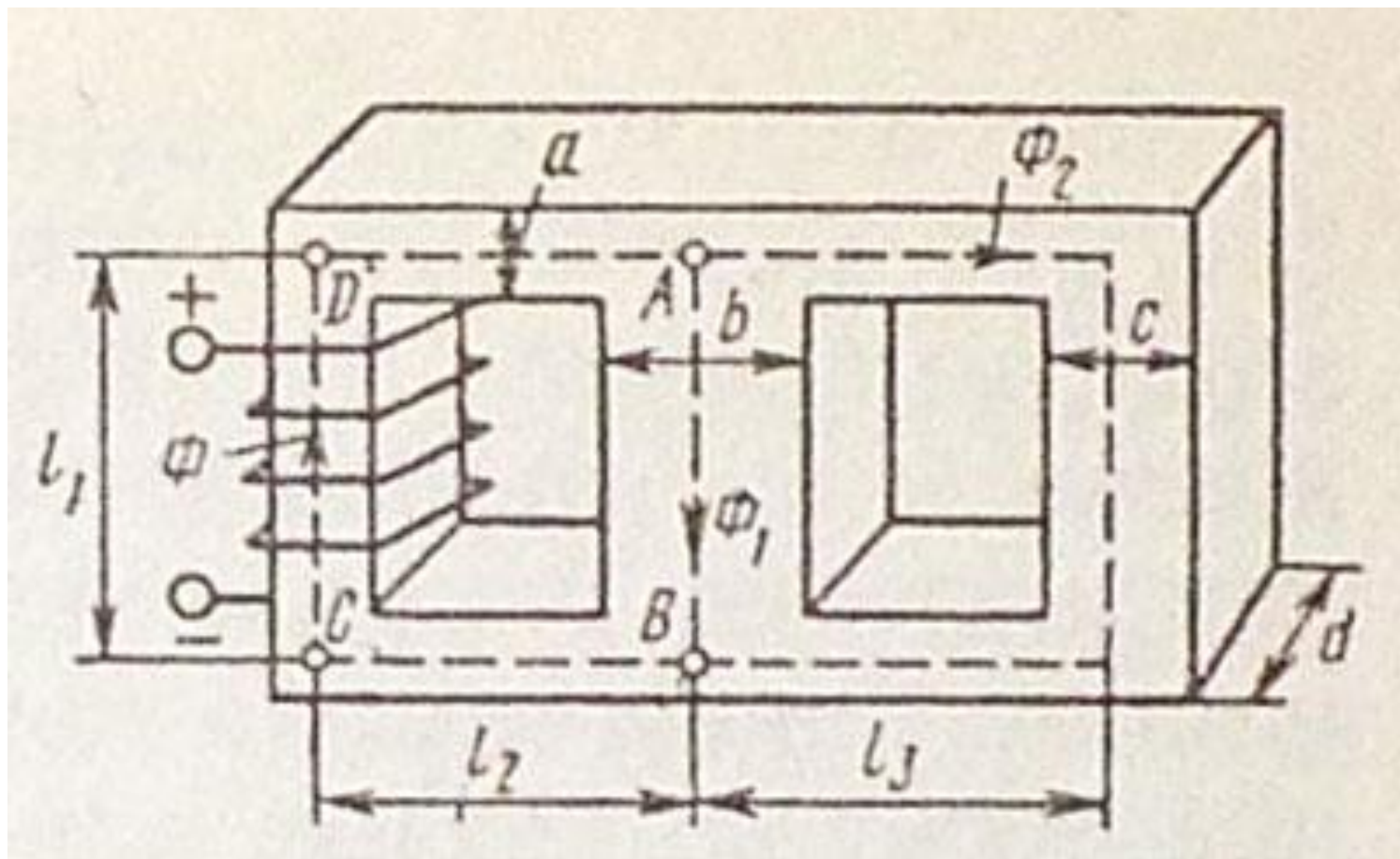


а — электротехническая сталь (магнитомягкий материал);
 б — пермаллой (магнитомягкий материал);
 в — магнико (магнитотвердый материал)

Расчет магнитной цепи

- Совокупность устройств, содержащих ферромагнитные тела и образующих замкнутую цепь, в которой при наличии магнитного поля образуется магнитный поток и вдоль которой замыкаются линии магнитной индукции, называют магнитной цепью.
- Задача расчета таких цепей сводится к определению намагничивающей силы катушки (катушек) для создания заданного магнитного потока.

ПРИМЕР МАГНИТНОЙ ЦЕПИ



- **Первый закон Кирхгофа**: Алгебраическая сумма магнитных потоков для любого узла магнитной цепи равна 0. $\Phi = \Phi_1 + \Phi_2$ или $\Phi - \Phi_1 - \Phi_2 = 0$
- **Второй закон Кирхгофа**: Алгебраическая сумма намагничивающих сил для любого замкнутого контура магнитной цепи равна алгебраической сумме магнитных напряжений на отдельных его участках.

$$I_1 N_1 + I_2 N_2 + \dots + I_n N_n = H_1 L_1 + H_2 L_2 + \dots + H_m L_m$$
- **Закон Ома**: Магнитный поток для участка цепи пропорционален магнитному напряжению на этом участке цепи и обратно пропорционален магнитному сопротивлению цепи. $\Phi = U_M / R_M$, где $R_M = L / \mu_a S$