

## Podsumowanie

1. Reguła prawej dłoni może być wykorzystana do określenia kierunku pola magnetycznego wytwarzanego przez prąd. Zostało to zilustrowane na rysunku 14.2 na stronie 4.
2. Na ładunek poruszający się w polu magnetycznym wywierana jest siła zgodnie z równaniem

$$\mathbf{f} = q\mathbf{u} \times \mathbf{B}.$$

Podobnie siły pojawiają się na przewodzącym prąd przewodzie zanurzone w polu magnetycznym. Siła działająca na odcinek przewodu jest dana wzorem

$$d\mathbf{f} = id\mathbf{l} \times \mathbf{B}.$$

3. Zgodnie z prawem indukcji Faradaya, napięcie jest indukowane w cewce, gdy strumień magnetyczny skojarzony z cewką zmienia się w czasie. Podobnie w przewodnikach przecinających linie strumienia magnetycznego indukuje się napięcie. Biegunowość indukowanego napięcia możemy określić korzystając z prawa Lenza.
4. Indukcja magnetyczna  $B$  oraz natężenie pola magnetycznego są powiązane zależnością.

$$\mathbf{B} = \mu \cdot \mathbf{H}$$

gdzie  $\mu$  jest przenikalnością magnetyczną materiału. Dla powietrza oraz próżni  $\mu = \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ .

5. Zgodnie z prawem Ampera, całka liniowa z  $\mathbf{H}$  wokół zamkniętej ścieżki jest równa algebraicznej sumie prądów płynących przez obszar ograniczony ścieżką. Możemy wykorzystać to prawo do znale-

zienia pola wokół długiego prostego przewodu lub wewnątrz cewki toroidalnej.

6. Praktyczne urządzenia magnetyczne mogą być w przybliżeniu analizowane z wykorzystaniem idei obwodów. Siły magnetomotoryczne są odpowiednikiem źródeł napięcia, reluktancja jest odpowiednikiem rezystancji, a strumień jest odpowiednikiem prądu.
7. Indukcyjność i indukcyjność wzajemną cewek można obliczyć na podstawie znajomości parametrów fizycznych cewek i rdzenia, na którym są nawinięte.
8. Zależność  $B-H$  dla żelaza przyjmuje postać pętli histerezy, która wykazuje nasycenie w sąsiedztwie 1 do 2T. Obszar pętli reprezentuje energię przekształconą w ciepło na cykl. Prądy wirowe są kolejną przyczyną strat w rdzeniu. Energia może być przechowywana w polach magnetycznych. W obwodzie magnetycznym składającym się z żelaznego rdzenia ze szczeliną powietrzną, większość energii jest przechowywana w szczelinie.
9. W idealnym transformatorze napięcie na każdym zwoju jest proporcjonalne do jego liczby zwojów, mmf netto wynosi zero, a sprawność energetyczna wynosi 100 procent.
10. Obwody zastępcze rzeczywistych transformatorów przedstawiono na rysunkach 14.28 i 14.29 odpowiednio na stronach 35 i 36.
11. Sprawność i regulacja to ważne aspekty pracy transformatora.

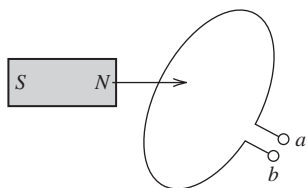
## Zadania

### Podrozdział 14.1: Pola magnetyczne

- Z14.1.** Co jest podstawową przyczyną powstawania pól magnetycznych?
- Z14.2.** Sformułuj prawo Faradaya indukcji magnetycznej oraz prawo Lenza.
- Z14.3.** Podaj prawo Ampera, zwracając uwagę na kierunki strzałkowania prądów.

**Z14.4.** Sformułuj regułę prawej dłoni, którą stosuje się do: (a) przewodu przewodzącego prąd; (b) cewki przewodzącej prąd.

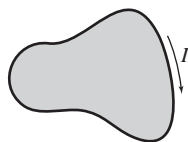
**\*Z14.5.** Do jednozwojowej cewki włożono magnes sztabkowy, jak pokazano na rysunku P14.5. Czy w miarę zbliżania się pręta do cewki napięcie  $v_{ab}$  jest dodatnie czy ujemne?



Rys. P14.5

**\*Z14.6.** Pole magnetyczne Ziemi wynosi około  $3 \cdot 10^{-5}$  T. W jakiej odległości od długiego prostego przewodu przewodzącego stały prąd o natężeniu 20 A pole jest równe 10 procentom pola ziemskiego? Zaproponuj co najmniej dwa sposoby, które pomogą zmniejszyć wpływ obwodów elektrycznych na kompas nawigacyjny w łodzi lub samolocie.

**Z14.7.** W nieregularnej pętli z drutu płynie prąd elektryczny, jak pokazano na rysunku P14.7. Czy na pętlę działa siła z powodu powstałych pól magnetycznych? Uzasadnij swoją odpowiedź. [Wskazówka: Weź pod uwagę trzecią zasadę dynamiki Newtona].



Rys. P14.7

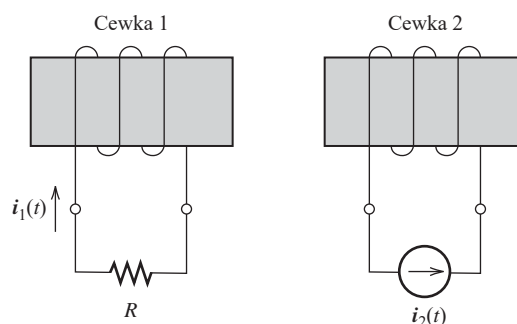
**\*Z14.8.** W przewodzie o długości 10 m płynie prąd o natężeniu 20 A prostopadle do pola magnetycznego. Wyznacz indukcję magnetyczną potrzebną do tego, aby siła działająca na przewód wynosiła 3 N.

**Z14.9.** W długiej rurze miedzianej płynie prąd stały. Czy wewnątrz rury, na skutek działania prądu, występuje pole magnetyczne? Na zewnątrz? Uzasadnij swoje odpowiedzi.

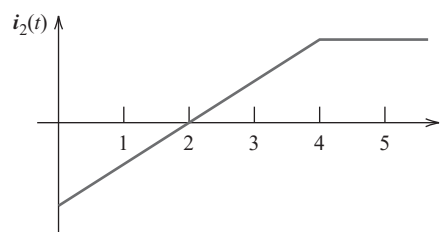
**\*Z14.10.** Załóżmy, że badamy pewien materiał i stwierdzamy, że  $B = 0,2$  Wb/m<sup>2</sup> dla przyłożonego  $H$  równego 10 A/m. Oblicz względną przenikalność magnetyczną materiału.

**Z14.11.** Rozważmy dwie cewki, które nawinięte są na niemagnetycznych kształtkach w taki sposób, że część strumienia wytwarzanego przez każdą

z cewek łączy się z drugą, jak pokazano na rysunku P14.11. Przyjmij, że indukcyjność lewej cewki jest na tyle mała, że  $i_1(t)$  jest równa napięciu indukowanemu przez pole magnetyczne prawej cewki podzielonemu przez opór. Czy w chwili  $t = 1$  s siła między zwojami jest przyciągająca, odpychająca, czy zerowa? Wyjaśnij swoje rozumowanie. Powtórz obliczenia dla  $t = 2, 3$  i  $5$  s.



(a)



(b)

Rys. P14.11

**\*Z14.12.** Jednorodny strumień o natężeniu 2 T jest prostopadły do płaszczyzny dziesięciozwojowej cewki kołowej o promieniu 20 cm. Wyznacz strumień magnetyczny w cewce i całkowity strumień skojarzony. Załóżmy, że pole maleje do zera ze stałą szybkością w ciągu 1 ms. Znajdź wielkość napięcia indukowanego w cewce.

**Z14.13.** Dwa bardzo długie równoległe druty są oddalone od siebie o 2 cm i płyną w nich prądy o natężeniu 20 A w tym samym kierunku. Materiał otaczający druty ma  $m_r = 1$ . Wyznacz siłę działającą na 0,5 m odcinek jednego z drutów. Czy druty się przyciągają, czy odpychają?