

26–MAGNETYZM

Indukcja magnetyczna a natężenie pola magnetycznego

$$\vec{B} = \mu\mu_o\vec{H}$$

B – indukcja magnetyczna – $[T] = [\frac{N}{Am}]$

H – natężenie pola magnetycznego – $[\frac{A}{m}]$

μ – przenikalność magnetyczna ośrodka

dla paramagnetyków - $\mu > 1$ i $\mu \rightarrow 1$, dla diamagnetyków - $\mu < 1$ i $\mu \rightarrow 1$, dla ferromagnetyków - $\mu \gg 1$

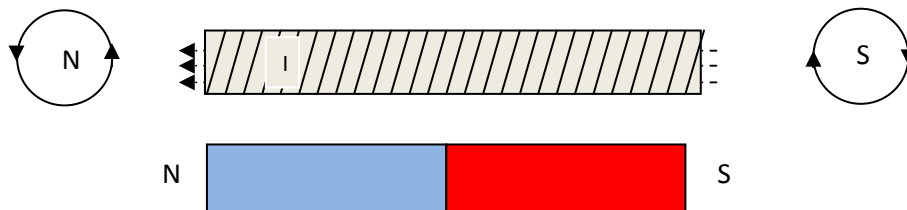
μ_o – przenikalność magnetyczna próżni - $\mu_o = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{N}{A^2}$

Wirowe pole magnetyczne wokół przewodnika prostoliniowego

$$B = \mu_o H = \frac{\mu_o I}{2\pi r}$$

Jednorodne pole magnetyczne wewnątrz solenoidu

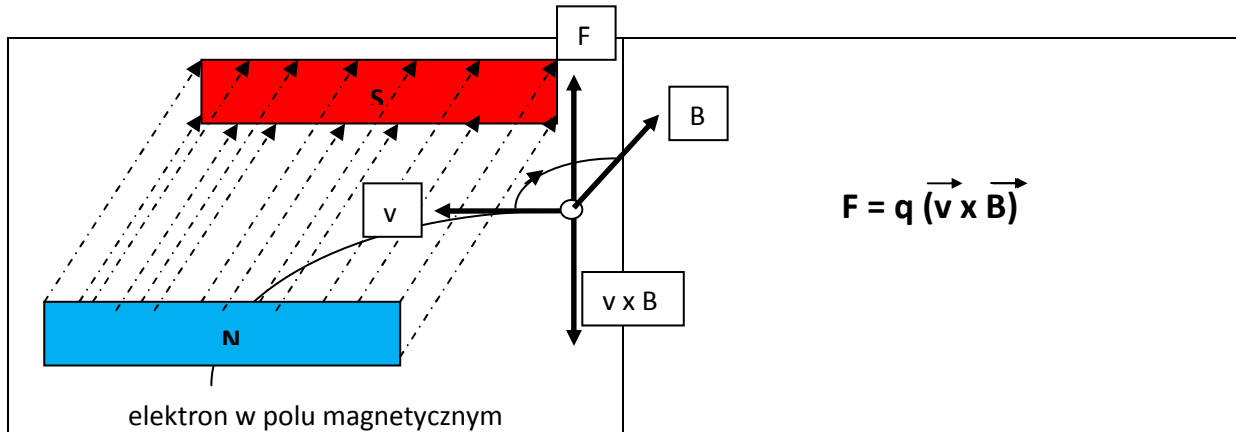
$$B = \mu\mu_o H = \frac{\mu\mu_o nI}{l}$$



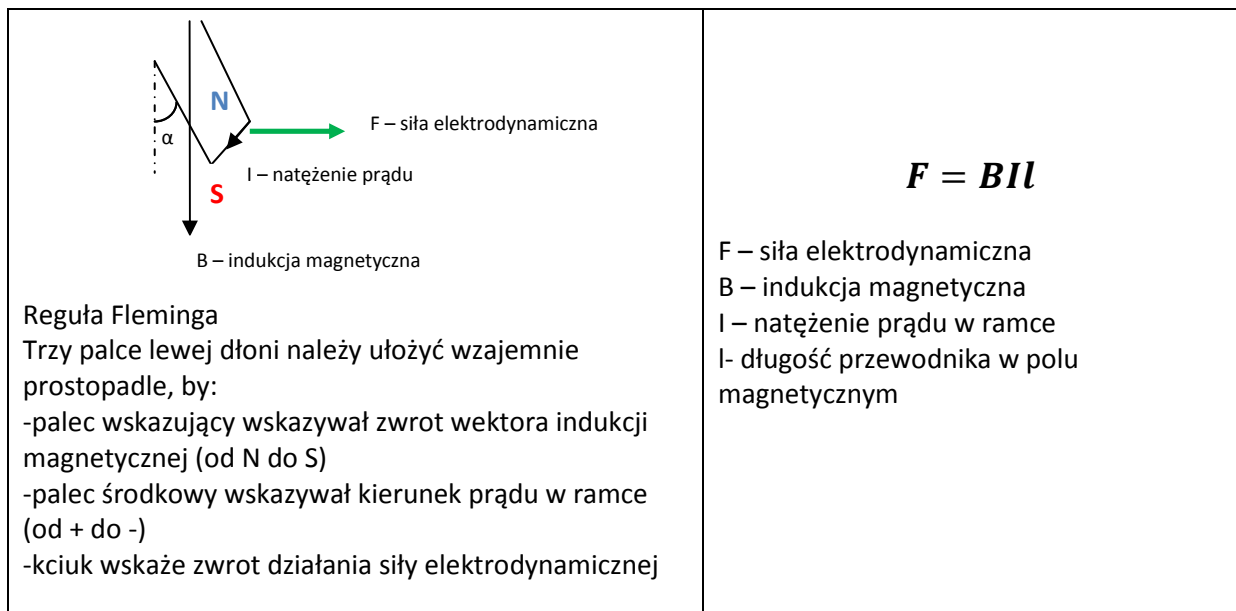
Biegunowość, a rzeczywista biegunowość.

Linie sił są umownie skierowane od N do S. Ale jak pokazuje rysunek, cewka powyższa zastępuje jakby magnes sztabkowy. Z lewej strony tego magnesu znajduje się biegun północny, a z prawej południowy.

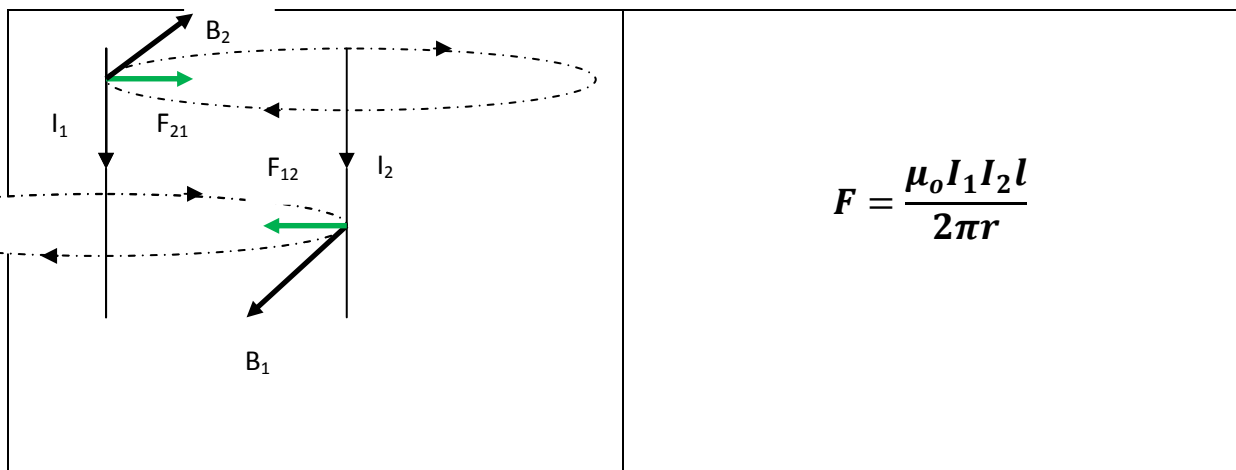
Siła Lorentza



Siła elektrodynamiczna



Oddziaływanie przewodników prostoliniowych równoległych w próżni



Strumień magnetyczny

$$\Phi = BS \quad \text{jednostka – weber} [1 \text{ Wb} = 1 \text{ Tm}^2]$$

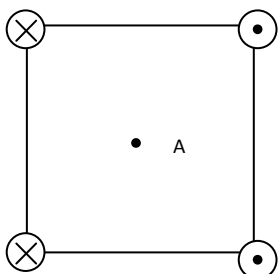
B – indukcja magnetyczna,

S – powierzchnia prostopadła do wektora indukcji

Cyklotron – bardzo ważny i często występuje w zadaniach maturalnych.

ZADANIA

Zadanie 1



W narożnikach kwadratu o boku $a = 1 \text{ cm}$ są umieszczone cztery prostoliniowe przewodniki prostopadłe do płaszczyzny rysunku. Płynie w nich prąd w pokazanych kierunkach o natężeniu 1 A każdy. Obliczyć indukcję magnetyczną w punkcie A

Odp: $8 \cdot 10^{-5} \text{ T}$

Zadanie 2

Wewnątrz pustego solenoidu o średnicy przekroju poprzecznego $d = 8 \text{ cm}$, o ilości zwojów $n = 1000$ i długości $l = 20 \text{ cm}$, przez który płynie prąd o natężeniu $I_s = 5 \text{ mA}$ znajduje się przewodnik prostoliniowy biegnący dokładnie wzdłuż osi, przez który płynie prąd o natężeniu $I_p = 10 \text{ A}$. Oblicz indukcję magnetyczną w punkcie A, wewnątrz solenoidu w odległości $x = 3 \text{ cm}$ od przewodnika prostoliniowego oraz w punkcie B, poza solenoidem w odległości $y = 10 \text{ cm}$ od przewodnika prostoliniowego. Jaki strumień magnetyczny przenika powierzchnię boczną solenoidu?

Odp. W punkcie A - $7,37 \cdot 10^{-5} \text{ T}$, w punkcie B - $2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$. $\Phi = 1,58 \cdot 10^{-7} \text{ Wb}$.

Zadanie 3

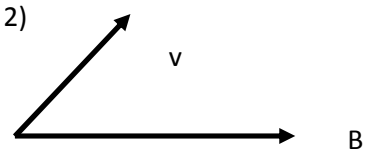
	O jaki kąt odchyli się ramka aluminiowa o masie $m = 5 \text{ g}$ w polu magnetycznym o indukcji $B = 0,1 \text{ T}$, jeśli jej długość umieszczona w polu magnetycznym $l = 5 \text{ cm}$, a prąd płynący przez ramkę wynosi $I = 2 \text{ A}$? Odp. Około $11,3^\circ$
--	---

Zadanie 4

Pokój ma wymiary $8 \times 5 \times 4$ m, gdzie 4 m to jest jego wysokość. Przez pokój przechodzi jednorodne pole magnetyczne o indukcji $B = 0,01$ T. Wektor indukcji przebiega przez przekątną ściany 8×4 m. Oblicz strumień magnetyczny przebiegający przez podłogę tego pokoju.

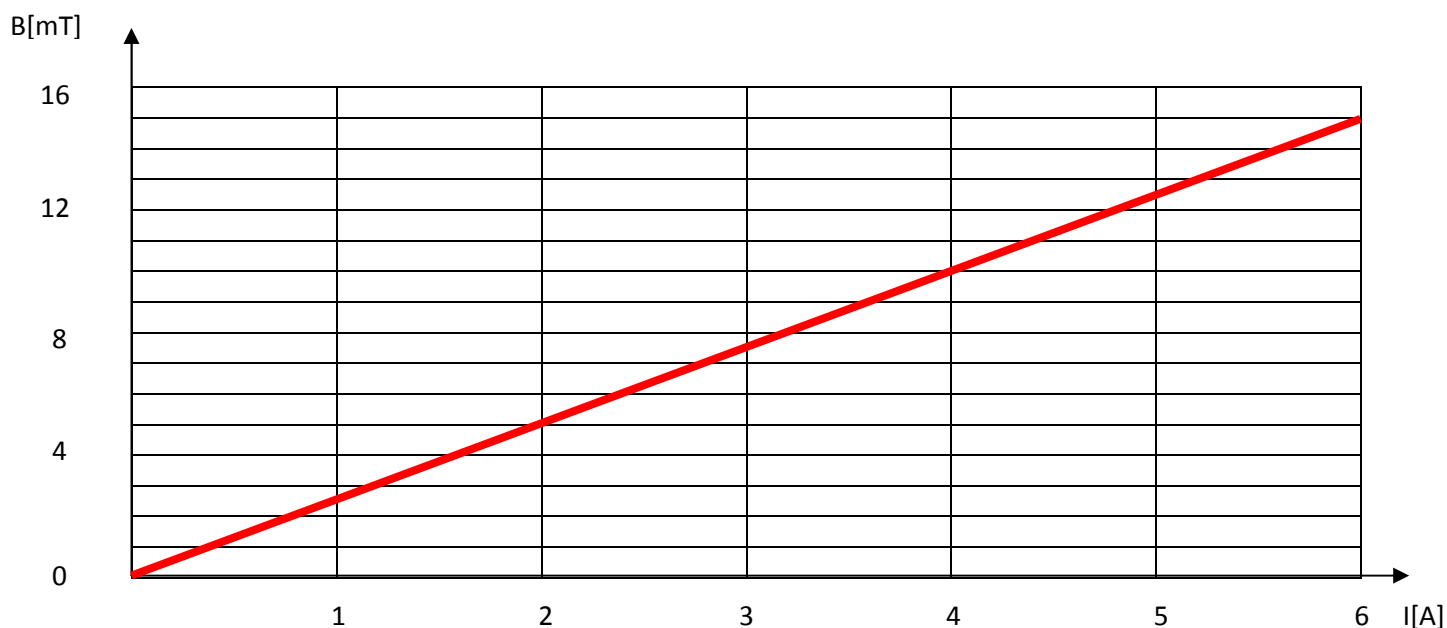
Odp: 0,18 Wb

Zadanie 5

1) 	2) 
W jednorodne pole magnetyczne o indukcji $B = 0,01$ T wstrzelono elektron z prędkością $v = 10^6$ m/s. 1. prostopadle do pola jak na rys. 1 2. pod kątem $\alpha = 60^\circ$ do wektora indukcji jak na rys. 2 Narysuj tor po jakim będzie się poruszał elektron. W obu wypadkach oblicz promień okręgu, po którym będzie się poruszał elektron i okres obiegu. W przypadku 2 oblicz jeszcze skok linii śrubowej <i>Odp: 1) $r = 0,57$ mm, $T = 3,58 \cdot 10^{-9}$ s</i> <i>2) $r = 0,49$ mm, $T = 3,58 \cdot 10^{-9}$ s $d = 1,79$ mm.</i>	

Zadanie 6 - Maturalnie, że zdasz – FIZYKA WSiP 2004, strona 48 zadanie 24

Przez zwojnicę o oporze 2Ω przepływa prąd elektryczny. Na wykresie zamieszczono zależność indukcji pola magnetycznego od natężenia przepływającego przez nią prądu elektrycznego.



1. Przeanalizuj wykres. Czy wartość indukcji pola magnetycznego zależy od przyłożonego do końców zwojnicy napięcia? Jeżeli tak, to w jaki sposób?
2. Gdy przez zwojnicę płynął prąd o natężeniu 2 A, to strumień pola magnetycznego przenikającego przez wnętrze zwojnicy wynosił $7,5 \mu\text{Wb}$. Oblicz przekrój poprzeczny przewodnika.
3. Do badań naukowych konieczne jest pole magnetyczne o 10 krotnie większej indukcji pola wytwarzanego przez zwojnicę. Ze względu na ciepło wydzielające się w przewodniku, podczas przepływu prądu elektrycznego, nie można zwiększyć natężenia prądu elektrycznego. Podaj dwa sposoby, których zastosowanie pozwoli zwiększyć wartość indukcji pola magnetycznego do żądanej wartości.

Odpowiedzi:

1. $B = \frac{\mu_0 n I U}{l R}$
2. $S = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
3. 10 razy zwiększyć liczbę zwojów, lub wstawić do wnętrza zwojnicy rdzeń stalowy o przenikalności względnej 10

Zadanie 7 - Maturalnie, że zdasz – FIZYKA WSiP 2004, strona 49 zadanie 26

Poniższy tekst zawiera fragmenty opisu pierwszego cyklotronu zbudowanego przez E. O. Lawrence’a i M. S. Livingstone’a na początku lat trzydziestych 20 wieku (fragmenty cytatu z książki W. Boltana, Zarys fizyki, PWN, Warszawa 1982):

Dwie elektrody A i B, przypominające przeciętą na pół puszkę, zamocowano współpłaszczyznowo, średnicami do siebie, w rurze próżniowej. Układ znajduje się między biegunami magnesu; pole magnetyczne jest prostopadłe do płaszczyzny elektrod. Elektrody połączono z elektrycznym obwodem drgającym wysokiej częstotliwości, wytwarzając w ten sposób w obszarze między nimi drgające pole elektryczne. (...) W opisywanym doświadczeniu maksymalna wartość przyłożonego do elektrod napięcia wysokiej częstotliwości wynosiła 4000 V; protony przebywały 150 zwojów spirali, uzyskując 300 razy dodatkową energię. Uzyskana przez nie prędkość odpowiadała więc różnicy potencjałów 120 000 V. Promień toru jonu wewnątrz elektrod określony jest następującym wzorem:

$$\frac{mv^2}{r} = Bev$$

a zatem czas potrzebny na osiągnięcie połówki okręgu wynosi:

$$t = \frac{\pi m}{Be}$$

Czas ten nie zależy od promienia r toru ani od prędkości v jonu. Przez odpowiedni dobór pola magnetycznego można sprawić, że cząstka o masie m i ładunku e będzie poruszać się w fazie z drgającym polem elektrycznym”.

Na podstawie przedstawionych fragmentów i posiadanej wiedzy:

1. Uzasadnij zapis wzorów (1) i (2).
2. Oblicz (w MeV i J) wartość energii protonu przy wyjściu z cyklotronu oraz wartość prędkości protonu.
3. Oszacuj wartość wektora indukcji pola magnetycznego użytego w doświadczeniu, przyjmując, że maksymalny promień okręgu po którym poruszał się ten proton wynosił 0,5 m.
4. Oblicz częstotliwość z jaką musi być zmieniany kierunek pola elektrycznego w opisywanym cyklotronie, aby proton był przyspieszany przy każdym przejściu przez obszar między elektrodami.

Odpowiedzi:

1. Porównanie siły Lorentza i siły dośrodkowej.

Po przekształceniach

$$\frac{mv^2}{r} = Bev$$

$$\frac{mv}{r} = Be$$

ale

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

więc

$$\frac{m \frac{2\pi r}{T}}{r} = Be$$

Skąd

$$T = \frac{2\pi m}{Be}$$

A czas przebycia połówki okręgu

$$t = \frac{1}{2}T = \frac{\pi m}{Be}$$

2. $E = 0,12 \text{ MeV} = 1,92 \cdot 10^{-14} \text{ J}$; $v = 4,8 \cdot 10^6 \text{ m/s}$
3. $B = 0,1 \text{ T}$
4. $f = 3,05 \text{ MHz}$

Zadanie 8 - Maturalnie, że zdasz – FIZYKA WSiP 2004, strona 49 zadanie 27

Badano wpływ wartości indukcji jednorodnego pola magnetycznego na okres obiegu po okręgu naładowanej cząstki. Wyniki badań zapisano w tabeli.

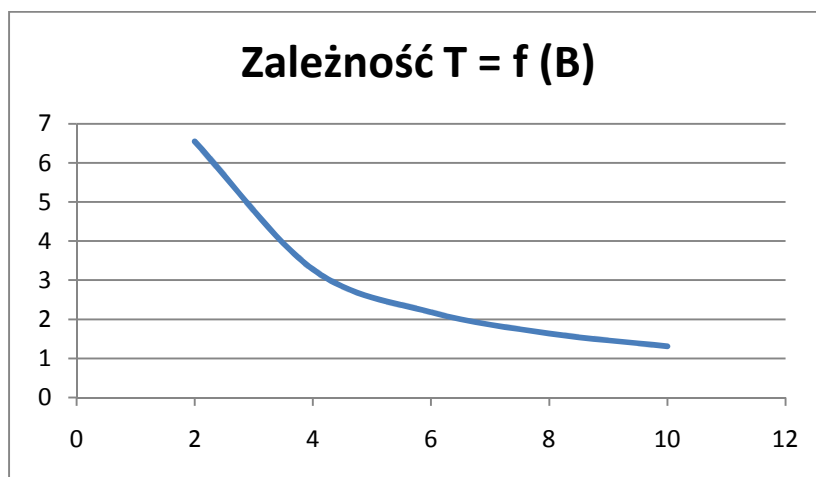
B, mT	2	4	6	8	10
T, μs	6,55		2,18	1,64	1,31

1. Uzupełnij brakującą wartość w tabelce.
2. Narysuj wykres zależności okresu obiegu tej cząstki po okręgu od indukcji pola magnetycznego.
3. W tabelce podano stosunek masy do ładunku dla poszczególnych cząstek.

cząstka	$\frac{q}{m}, \frac{C}{kg}$
cząstka α	$4,7 \cdot 10^8$
deuteron	$4,8 \cdot 10^8$
elektron	$1,8 \cdot 10^{12}$
proton	$9,6 \cdot 10^8$

Odpowiedzi:

1. $T = \frac{2\pi m}{qB}$ więc $T \sim \frac{1}{B}$, czyli trzeba wstawić 2,28
2. Wykres



3. Badaną cząstką jest deuteron.