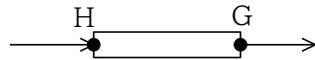


磁束密度

90. 電流の周りの磁場と磁束線

(1) 下図Ⅰは棒磁石であり、磁極周辺の磁力線の向きを矢印で示したものである。



図Ⅰ

図Ⅱは電流の周りの磁力線の向きを矢印で示したものである。図Ⅲは磁力線の向きが重なるように棒磁石を磁力線に沿って置いた状態を示している。A～GはN極あるいはS極の磁極を現している。これに関して以下の問いに答えよ。

- ① A～HはN、Sそれぞれどちらの磁極か
- ② 図Ⅰにおいて棒磁石の中の磁力線の向きはG→H、H→Gのどちら向きか。

・ 図Ⅳは細長い棒磁石を磁力線が重なるように曲げながら配置したものである。

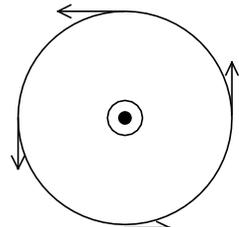
- ③ I、Jの磁極を答えよ。
- ④ I、J間の磁力線はI→J、J→Iのどちら向きか
- ⑤ 棒磁石の中の磁力線はI→J、J→Iのどちら向きか

・ 図Ⅴは図Ⅳの棒磁石を電流の周りに1周させて両磁極を接触させたものである。

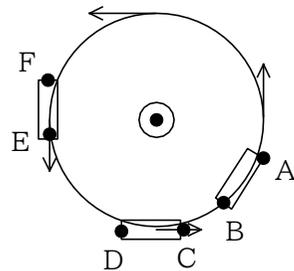
- ⑥ 棒磁石内の磁力線の向きは右回りか左回りか
- ⑦ 棒磁石をPQ面、XY面で切断したとき、切断面を貫く磁力線の向きを右図に書き込め
- ⑧ 電流の周りの磁力線の向きと一致しているのは棒磁石内部の磁力線と、切断面を貫く磁力線のどちらとなるか

(2) 磁力線に沿って切断面が磁力線の向きと重なるように棒磁石を置いたと考える。この仮想上の棒磁石を磁束線と呼んでいる。1Wbの磁石と同じ磁力線が存在すればそこに磁束線が1本あると考える。真空透磁率を μ_0 として以下の問いに答えよ。(μ_0 [Wb]より磁力線は1本出ている。)

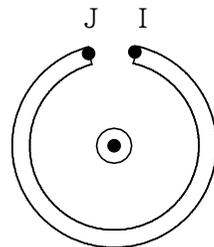
- ① $\mu_0 = \frac{1}{80万}$ [Wb/本]と考えるとき、何Wbの磁極から磁力線が1本出ていると考えるこ



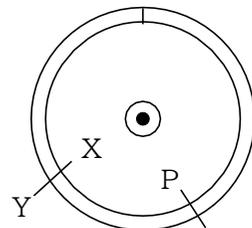
図Ⅱ



図Ⅲ



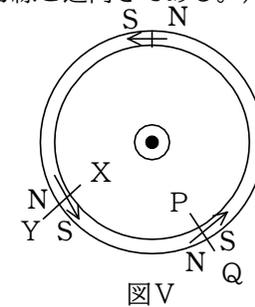
図Ⅳ



図Ⅴ

解説

- (1) ① 磁力線の出るほうがN極である。
A=N、B=S、C=N、D=S、E=N、F=S、G=N、H=S
- ② G→H 磁力線は常にN→Sであるので、磁石内では逆向きとなる。
- ③ I=N、J=S ④ I→J ⑤ J→I
- ⑥ J→Iなので、左回り。(電流の作る磁力線と逆向きである。)
- ⑦ 右図のようになる。
(電流の作る磁力線と同じ向き)
- ⑧ 切断面を貫く磁力線



- (2) ① $\mu_0 = \frac{1}{80万}$ より、 $\frac{1}{80万}$ Wbより1本の磁力線が出る。
- ② 1Wbは $\frac{1}{80万}$ Wbの80万倍なので、80万本出る。
- ③ 磁束線1本は1Wbの棒磁石があるのと同じなので、80万本の磁力線と同じである。
- ④ 磁束線=80万本の磁力線の束
- ⑤ $\mu_0 = \frac{1}{80万}$ より、 $\frac{1}{\mu_0}$ 本の磁力線が出ていることになる。
- ⑥ 磁束線1本は $\frac{1}{\mu_0}$ 本の磁力線の束と考えられる。
- (3) ① 磁力線 80万本 磁束線 1本 ② 磁力線 240万本 磁束線 3本
- (4) ① AB、EFともに80万本
- ② 比透磁率4なので、磁力線数は外部の $\frac{1}{4}$ になっている。よって、20万本
- ③ AB、EFともに1本
- ④ 80万本
- ⑤ 1本
- ⑥ 磁束線は磁性体を切断したときの磁力線で考えるために、磁性体の外部と内部では同じ磁束線数である。

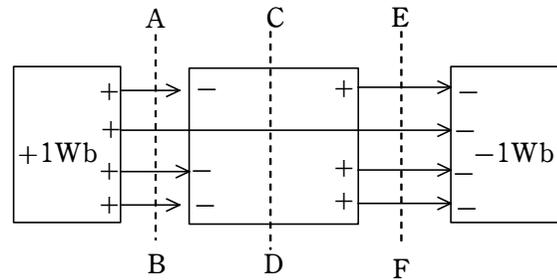
磁束密度

とができるか

- ② ①のとき、1Wbの磁極からは何本の磁力線が出ていると考えることができるか。
- ③ 磁束線1本は何本の磁力線に相当するか。
- ④ 磁束線1本は何本の磁力線の束と考えることができるか。
- ⑤ 1Wbの磁極からは何本の磁力線が出ていると考えることができるか。 μ_0 を用いて答えよ。
- ⑥ 磁束線1本は何本の磁力線の束と考えることができるか。 μ_0 を用いて答えよ。

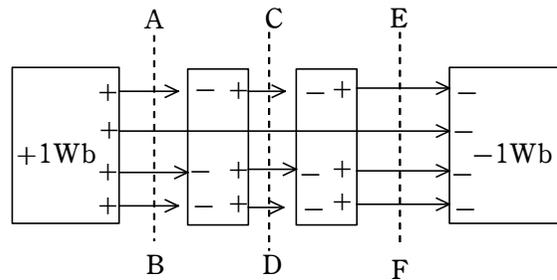
(3) $\mu_0 = \frac{1}{80万} [\text{Wb/本}]$ として、次の場合、磁力線・磁束線はそれぞれ何本あるか。

- ① 1Wbの磁石
- ② 3Wbの磁石
- (4) 右図は+1Wbと-1Wbの平行な磁極間に比透磁率4の磁性体を挿入したときのものであり、AB、CD、EFはそれぞれの位置の断面を表している。



$\mu_0 = \frac{1}{80万} [\text{Wb/本}]$ として、以下の問いに答えよ。

- ① 断面AB、EFを貫いている磁力線は何本か
- ② 断面CDを貫いている磁力線は何本か
- ③ 断面AB、EFを貫いている磁束線は何本か
- ・ 磁性体内の磁束線は(1)で明らかのように磁性体を切断したときの磁力線の本数で考えると良い。下の図は上の図において中央の磁性体を切断したものである。



- ④ この図においてCD面を貫く磁力線の本数は何本か
- ⑤ CD面を貫く磁束線の本数は何本か
- ⑥ 磁束線の本数は磁性体の内部と外部で変化するかしらないか答えよ。

91. 磁石と磁束線

- (1) 右図は2Wbの磁石とその周りの磁力線（磁束線）を

解説

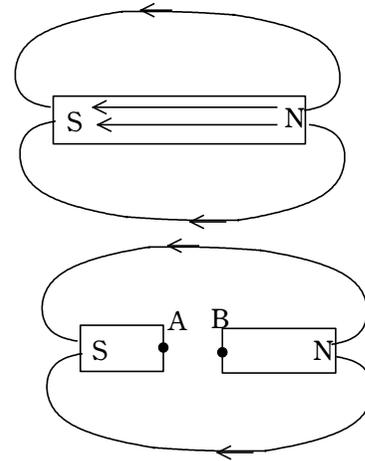
- (1) ① 磁力線の向きは常にN→Sである。 N→S
- ② 磁石は必ずN,Sのペアになる。A=N極,B=S極
- ③ 磁力線の向きは常にN→Sである。よって、A→B、
- ④ 磁束線は磁石を切断したときの磁力線で考える。切断した場合の磁力線がA→Bなので、棒磁石内の磁束線の向きはA→Bの向き、即ち、S→N（右向き）となる。

磁束密度

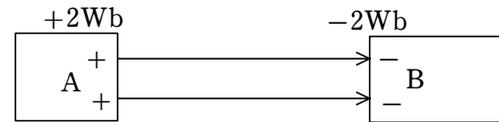
描いたものである。

以下の問いに答えよ。

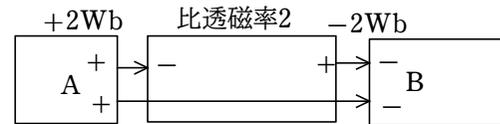
- ① 磁石の中の磁力線はN→S、S→Nのどちら向きか
- ・ この棒磁石の中央を切断した。
- ② 切断面A,Bはそれぞれ何極か
- ③ 切断面間の磁力線はA→B、B→Aのどちら向きか
- ④ 棒磁石内の磁束線の向きはN→S、S→Nのどちら向きか
- ⑤ この棒磁石の周りにはある磁束線は何本か。
- ⑥ この棒磁石の周りにはある磁束線を図示せよ。



- (2) 右図のように2Wbの2つの磁石を離して設置した。真空透磁率 $\mu_0 = \frac{1}{80万}$ として、以下の問いに答えよ。



- ① 両磁極間に存在する磁力線は何本か
- ② 両磁極間に存在する磁束線は何本か



- ・ この磁石の間に比透磁率2の磁性体を挿入した。
- ③ 磁石と磁性体の間の空間の磁力線は何本か。また、磁束線は何本か。
 - ④ 磁性体内部の磁力線は何本か。また、磁束線は何本か。

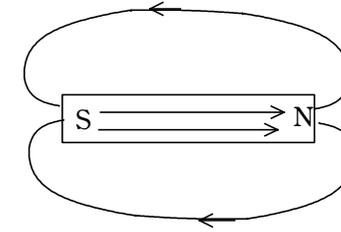
- (3) 右図のように巻密度 8.0×10^5 回/m 断面積 10m^2 の巨大電磁石がある。巻密度 n [回/m]、電流 I [A] の電磁石内の磁場の強さは一様に



n [A/m] であるとし、また、真空透磁率 $\mu_0 = \frac{1}{80万}$ [Wb/本]、最初電磁石内は真空であったとして以下の問いに答えよ。

- ・ この電磁石に2Aの電流を流した。

- ⑤ この棒磁石が2Wbであり、磁束線は1Wbあたり1本なので、磁束線は2本
- ⑥



(磁束線は必ず閉曲線になる。)

- (2) ① 真空透磁率より、160万本
- ② 磁束線は1Wbあたり1本なので、2Wbであるから、2本
- ③ 磁石と磁性体の間の空間の磁力線は元と変わらない。よって磁力線は160万本、磁束線は2本。
- ④ 比透磁率2なので、磁場の強さが $\frac{1}{2}$ になっている。これは磁力線密度が $\frac{1}{2}$ になっていることを意味しており、磁力線数も $\frac{1}{2}$ 。よって、磁力線数は80万本。
磁束線は切断したときの磁力線で考えるので、磁性体を挿入する前と同じ2本。
(磁場の中に磁性体を挿入しても磁束線数は変わらない。)
- (3) ① $H = nI = 8.0 \times 10^5 \times 2 = 16 \times 10^5 \text{ A/m} = 1.6 \times 10^6 \text{ A/m}$
- ② 磁場の強さは磁力線密度なので、 $1.6 \times 10^6 \text{ A/m} = 1.6 \times 10^6 \text{ 本/m}^2$
これは電磁石内 1m^2 あたり 1.6×10^6 本あることになり、断面積が 10m^2 なので、 $1.6 \times 10^6 \text{ 本} \times 10 = 1.6 \times 10^7 \text{ 本}$
- ③ 磁束線は1Wbあたり1本 = 磁力線80万本 = 磁束線1本であるので、
 $\frac{1.6 \times 10^7}{8 \times 10^5} = 20$ よって、20本
- ④ 磁場の強さは $H = nI$ で求められ、内部の磁性体には関係がない。
よって、 $1.6 \times 10^6 \text{ A/m}$
- ⑤ 磁力線は前と同じ 1.6×10^7 本
- ⑥ 比透磁率100の磁性体の中の磁力線数が 1.6×10^7 本となっている。磁束線は磁性体を切断したときの磁力線で考える。比透磁率100の磁性体内の磁場は磁性体外の $\frac{1}{100}$ になっているはずであるから、磁性体外の磁場の強さは磁性体を入れる前の100倍になっていることになる。よって、磁束線は磁性体を入れる前の20本の100倍の2000本になっている。
- ⑦ 磁束線数は磁気量を示しているのだから、磁気量が100倍になっている。
(磁場内に磁性体を入れても磁束線数は変わらないが、電磁石内では磁性体を挿入する前後で磁場の強さが変わらないために磁束線数は増える。)

磁束密度

- ① この電磁石内の磁場の強さはいくらか。
- ② この電磁石内の磁力線は何本か。
- ③ この電磁石内に磁束線は何本あるか。
- ・ 電磁石内を比透磁率100の磁性体で満たした。
- ④ この電磁石内の磁場の強さはいくらか
- ⑤ この電磁石内の磁力線は何本か
- ⑥ この電磁石内の磁束線は何本か
- ⑦ この磁性体を挿入することにより、この磁石のもつ磁気量は何倍になったといえるか。

92. 磁束密度

(1) 磁束密度とは 1m^2 の断面を貫く磁束線の数で磁束線密度のことである。磁場の強さとは 1m^2 の断面を貫く磁力線の本数であり、磁力線密度のことである。透磁率 μ の磁性体内での磁場の強さが $H[\text{A/m}]$ であり、磁束密度が $B[\text{Wb/m}^2]$ であった。これに関して以下の問いに答えよ。

- ① この磁性体内の断面 1m^2 を貫く磁力線は何本か。 H を用いて答えよ。
- ② 磁力線1本あたりの磁気量を透磁率という。①の磁力線は磁気量何 Wb に相当するか。
 μ 、 H を用いて答えよ。
- ③ 1m^2 を貫く磁束線は何本か。 B を用いて答えよ。
- ④ 磁束線1本は 1Wb に相当する。③の磁束線は磁気量何 Wb に相当するか。
- ⑤ ②④より、 B と H の間に成り立つ関係式を導け

(2) 右図のように透磁率 μ の空間に長さ l

の導線があり、電流 I が流れている。

この電流に外部から磁場 H を右図のように加えた。これに関して以下の問いに答えよ。

- ① この導線に作用する力は何の向きか
- ② この電流はいくらの磁気量に相当するか。
 μ 、 I 、 l で答えよ。
- ③ この導線に作用する力の大きさを、 μ 、 I 、 l 、 H で表せ。
- ④ この外部磁場の磁束密度 B を μ 、 H で表せ。
- ⑤ この導線に作用する力の大きさを B 、 I 、 l で表せ。
- ⑥ 1m の長さの導線に 1A の電流を流したときに導線に作用する力の大きさを B を用いて表せ。

93. 磁束

(1) 磁束とは磁力線総数である。磁束線は1本が 1Wb なので、磁束線数は磁気量をあらわすことになる。しかし、磁束線は磁気量と異なり、磁束線の向きに方向を持っている。磁束はベクトルとなる。断面積 S の断面で磁束密度が B であったとき、以下の問いに答えよ。

- ① 断面 1m^2 あたりの磁束線は何本か
- ② 断面 S を貫く磁束線は何本か

解説

- (1) ① H ② μH ③ B ④ B ⑤ $B = \mu H$
 (2) ① 左向き ② μI ③ $\mu l I H$ ④ $B = \mu H$ ⑤ $F = I B l$
 ⑥ $F = I B l$ に $I=1$ 、 $l=1$ を代入すると、 $F = B$ となる。

(磁束密度は 1m の導線に 1A の電流を流したときに導線が受ける力である。これが磁束密度の定義である。)

解説

- (1) ① B ② BS ③ 磁束線数が磁束である。 BS
 (2) ① nI ② $B = \mu H$ より、 $B = \mu_0 n I$
 ③ $\phi = BS = \mu_0 n I S$
 ④ 磁束は磁束線数である。 $\mu_0 n I S$
 ⑤ 磁束と等しい磁気量である。 $\mu_0 n I S$
 ⑥ ①と同じく nI

磁束密度

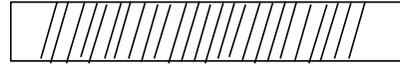
③ この断面の磁束はいくらか

(2) 右図のように巻密度 n [回/m]

断面積 S [m^2]の巨大電磁石がある。

巻密度 n [回/m]、電流 I [A]の

電磁石内の磁場の強さは一様に



n [A/m]であるとし、また、真空透磁率 μ_0 [Wb/本]、最初電磁石内は真空であった

として以下の問いに答えよ。

・ この電磁石に I [A]の電流を流した。

① この電磁石内の磁場の強さはいくらか。

② この電磁石内の磁束密度はいくらか。

③ この電磁石内に磁束線は何本あるか。

④ この電磁石の磁束はいくらか。

⑤ この電磁石は磁気量いくら磁石と同じといえるか。

・ 電磁石内を比透磁率 μ_r の磁性体で満たした。

⑥ この電磁石内の磁場の強さはいくらか

⑦ この電磁石内の磁束密度はいくらか

⑧ この電磁石内の磁束線は何本か

⑨ この磁性体を挿入することにより、この磁石のもつ磁束は何倍になったといえるか

⑩ この電磁石の磁束はいくらか

⑪ この電磁石と同等の磁石の磁気量はいくらか

⑦ $B = \mu H$ より、 $B = \mu_r \mu_0 n I$

⑧ $\phi = BS = \mu_r \mu_0 n I S$

⑨ μ_r 倍

⑩ $\mu_r \mu_0 n I S$

⑪ $\mu_r \mu_0 n I S$