

## 磁場Ⅱ

### 71. 磁気量

(1) 磁気量とは磁石の強さを示す量である。Wb (ウエーバー) という単位で表す。N極が正でS極が負である。エレキバンに使われている磁石が大体  $\frac{1}{10^6}$  Wbとされている。

1Wbの磁石はエレキバン何個分か

(2) 磁石は必ずN極とS極が対になっている。N極が+1Wbのとき、S極の磁気量はいくらか。

### 72. 磁場

(1) 地球周辺の空間に物体を置くとその物体に力が作用する。これは空間が重力の影響を受けた特殊な空間になっているためである。このような空間を重力場という。重力場の強さは重力か速度の大ききで表わす。重力場について以下の問いに答えよ。

- ① 重力加速度の大ききが $9.8\text{m/s}^2$ のとき、 $1\text{kg}$ の物体に作用する力の大ききはいくらか
- ② ある空間に $1\text{kg}$ の物体を置くと $4\text{N}$ の重力が作用した。重力加速度の大きき(重力場の強き)はいくらか
- ③ 重力場の強き $5\text{m/s}^2$  ( $5\text{N/kg}$ ) の空間に $1\text{kg}$ の物体を置いた。重力の大ききはいくらか
- ④  $6\text{N/kg}$ の空間に $2\text{kg}$ の物体を置いた。重力の大ききはいくらか
- ⑤  $5\text{kg}$ の物体を置いたら $20\text{N}$ の重力が作用した。この位置の重力場の強きはいくらか
- ⑥ 重力場の強き $g[\text{N/kg}]$ の空間に $m[\text{kg}]$ の物体を置いた。この物体に作用する重力の大ききはいくらか

(2) 電荷をおくとその電荷に力が作用する空間を電場という。電場は+1Cの電荷に作用する力(ベクトル)と定義されている。電場について以下の問いに答えよ。

- ① +1Cの電荷をおくと $4\text{N}$ の力が作用した。この場所の電場の強きは何 $[\text{N/C}]$ か
- ② +1Cの電荷をおくと下向きに $5\text{N}$ の力が作用した。この場所の電場はいくらか
- ③ -1Cの電荷をおくと右向きに $3\text{N}$ の力が作用した。この場所の電場はいくらか
- ④  $4\text{N/C}$ の電場に+1Cの電荷を置くと何 $\text{N}$ の力が作用するか
- ⑤ 右向きに $5\text{N/C}$ の電場に+1Cの電荷を置くとどちら向きに何 $\text{N}$ の力が作用するか
- ⑥ 右向きに $5\text{N/C}$ の電場に-1Cの電荷を置くとどちら向きに何 $\text{N}$ の力が作用するか
- ⑦ 右向きに $5\text{N/C}$ の電場に+4Cの電荷をおくとどちら向きに何 $\text{N}$ の力が作用するか
- ⑧ +5Cの電荷をおくと北向きに $40\text{N}$ の力が作用した。この場所の電場はいくらか
- ⑨ -4Cの電荷をおくと下向きに $20\text{N}$ の力が作用した。この場所の電場はいくらか
- ⑩  $E[\text{N/C}]$ の電場に $q[\text{C}]$ の電荷をおいた。この電荷に作用する力の大ききはいくらか

(3) 磁気をおくとその磁気に力が作用する空間を磁場という。磁場は+1Wbの磁気に作用する力(ベクトル)と定義されている。磁場について以下の問いに答えよ。

- ① +1Wbの磁気をおくと $4\text{N}$ の力が作用した。この場所の磁場の強きは何 $[\text{N/Wb}]$ か
- ② +1Wbの磁気をおくと下向きに $5\text{N}$ の力が作用した。この場所の磁場はいくらか
- ③ -1Wbの磁気をおくと右向きに $3\text{N}$ の力が作用した。この場所の磁場はいくらか

解説

- (1)  $10^6$ 個分 (2)  $-1\text{Wb}$

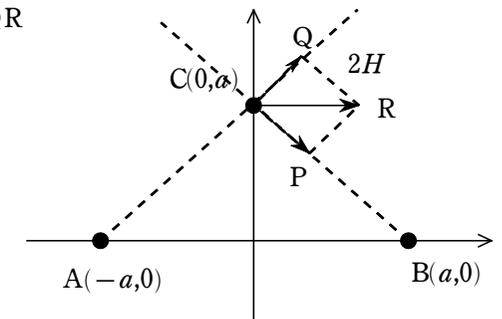
解説

- (1) ①  $9.8\text{N}$  ②  $4\text{N/kg}$  ③  $5\text{N}$  ④  $2 \times 6 = 12\text{N}$  ⑤  $20 \div 5 = 4\text{N/kg}$   
 ⑥  $mg$   
 (2) ①  $4\text{N/C}$  ② 下向きに $5\text{N/C}$   
 ③ 負電荷の場合は力の向きと逆向きに電場がある。左向きに $3\text{N/C}$   
 ④  $4\text{N}$  ⑤ 右向き $5\text{N}$  ⑥ 左向き $5\text{N}$  ⑦ 右向きに $4 \times 5 = 20\text{N}$   
 ⑧ 北向き  $40 \div 5 = 8\text{N/C}$  ⑨ 上向き $20 \div 4 = 5\text{N/C}$  ⑩  $qE$   
 (3) ①  $4\text{N/Wb}$  ② 下向きに $5\text{N/Wb}$   
 ③ 負磁気の場合は力の向きと逆向きに磁場がある。左向きに $3\text{N/Wb}$   
 ④  $4\text{N}$  ⑤ 右向き $5\text{N}$  ⑥ 左向き $5\text{N}$  ⑦ 右向きに $4 \times 5 = 20\text{N}$   
 ⑧ 北向き  $40 \div 5 = 8\text{N/Wb}$  ⑨ 上向き $20 \div 4 = 5\text{N/Wb}$  ⑩  $mH$   
 (4) ① 点Cは負磁気であるから磁場の方向は力の逆向き  $x$ 軸負の方向に $2H[\text{N/Wb}]$   
 ②  $\triangle CAB$ は直角二等辺三角形である。

$\angle ACB = 90^\circ$ で $CR \parallel QR$ なので、 $\triangle CQR$ も直角二等辺三角形である。よって、力 $CQ$ は $CR = 2H$ の $\frac{1}{\sqrt{2}}$ となる。

$$2H \times \frac{1}{\sqrt{2}} = \sqrt{2} H[\text{N}]$$

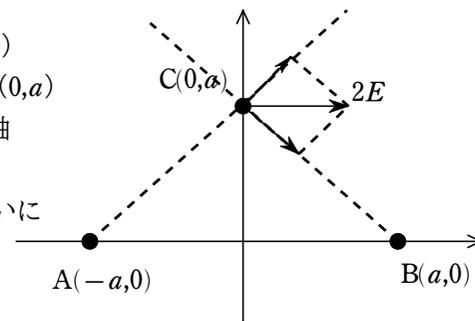
- ③ ②と同じく $\sqrt{2} H[\text{N}]$   
 ④ 磁場の強きは逆向きに $\sqrt{2} H[\text{N/Wb}]$   
 ⑤ 同じく $\sqrt{2} H[\text{N/Wb}]$   
 ⑥ Aからは反発の方向に力を受けているので、Aは負磁気(S極)  
 Bからは引く方向に力を受けているので、Bは正磁気(N極)



## 磁場Ⅱ

- ④  $4\text{N/Wb}$ の磁場に $+1\text{Wb}$ の磁気を置くと何Nの力が作用するか  
 ⑤ 右向きに $5\text{N/Wb}$ の磁場に $+1\text{Wb}$ の磁気を置くとどちら向きに何Nの力が作用するか  
 ⑥ 右向きに $5\text{N/Wb}$ の磁場に $-1\text{Wb}$ の磁気を置くとどちら向きに何Nの力が作用するか  
 ⑦ 右向きに $5\text{N/Wb}$ の磁場に $+4\text{Wb}$ の磁気を置くとどちら向きに何Nの力が作用するか  
 ⑧  $+5\text{Wb}$ の磁気を置くと北向きに $40\text{N}$ の力が作用した。この場所の磁場はいくらか  
 ⑨  $-4\text{Wb}$ の磁気を置くと南向きに $20\text{N}$ の力が作用した。この場所の磁場はいくらか  
 ⑩  $H[\text{N/Wb}]$ の磁場に $m[\text{Wb}]$ の磁気を置いた。この磁気に作用する力の大きさはいくらか

- 4) 座標平面上A  $(-a,0)$ 、B  $(a,0)$ に磁気量不明の電荷をおき、点C  $(0,a)$ に $-1\text{Wb}$ の磁気を置いたところx軸正の方向に $2H[\text{N}]$ の力が作用した。座標1目盛り=1mとして以下の問いに答えよ。



- ① C点の磁場の強さと方向を答えよ。

・ C点の磁気はA、Bの磁気から反発力あるいは引力を受けその合力が作用している。その合力が $2H[\text{N}]$ である。

- ② C点の磁気がAから受ける力の大きさはいくらか  
 ③ C点の磁気がBから受ける力の大きさはいくらか  
 ④ C点のAからの磁場の強さはいくらか  
 ⑤ C点のBからの磁場の強さはいくらか  
 ⑥ A,Bの磁気の符号を答えよ。

73.

- (1) 正磁気と負磁気の間には磁気力が作用している

これをイメージするために、正磁気と負磁気の間がひもでつながっていると考える。そのひもの方向を磁場の方向に定義する。この線を磁力線という。



- ① 右図の正磁気と負磁気は磁力線一本でつながっているとして磁力線を矢印で記入せよ。  
 ② 下図の正磁気、負磁気の周りの黒点位置においた $+1\text{Wb}$ の磁気に作用する力の方向を矢印で示せ。



解説

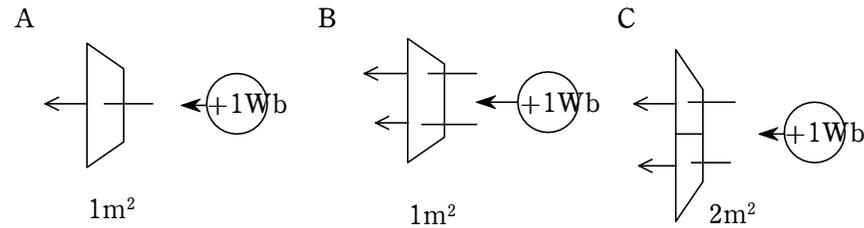
- (1) ①  
 ②



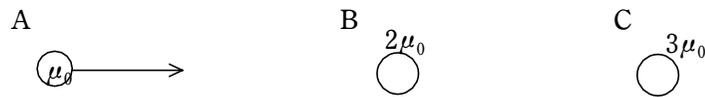
# 磁場Ⅱ



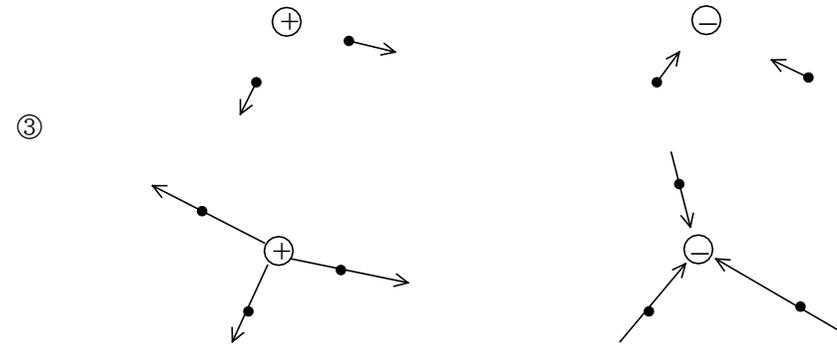
- ③ 上図に磁力線を記入せよ。
- (2)  $1\text{m}^2$ の断面を磁力線が貫いている本数を磁力線密度という。 $1\text{m}^2$ あたり1本の磁力線があるとき、 $+1\text{Wb}$ に1Nの力が作用しているとして以下の問いに答えよ。



- ① 上図AとBはどちらが何倍 $+1\text{Wb}$ に作用する力の大きさが大きいか。
- ② 上図Cの $+1\text{Wb}$ に作用する力の大きさはA,Bどちらと等しいか。
- ③  $1\text{m}^2$ あたり2本の磁力線があるとき $+1\text{Wb}$ の磁気作用する力の大きさはいくらか。
- ④  $2\text{m}^2$ あたり2本の磁力線があるとき $+1\text{Wb}$ の磁気作用する力の大きさはいくらか。
- ⑤  $1\text{m}^2$ あたり $H$ 本の磁力線があるとき $+1\text{Wb}$ の磁気作用する力の大きさはいくらか。
- ⑥ 磁力線 $1\text{m}^2$ あたり $H$ 本の磁力線があるとき、その空間の磁場の強さはいくらか。
- ⑦  $+1\text{Wb}$ の磁気作用に4Nの力が作用していた。その空間 $1\text{m}^2$ あたり何本の磁力線があるといえるか。
- ⑧  $+4\text{Wb}$ の磁気作用に20Nの力が作用している。この空間 $1\text{m}^2$ に何本の磁力線があるか。
- ⑨  $S[\text{m}^2]$ あたり $N$ 本の磁力線が貫いている。この場所の磁場の強さを $N, S$ で表わせ。
- (3) ある磁気量から磁力線が1本出ているとして磁気量と磁力線数の関係を考えてみよう。 $\mu_0[\text{Wb}]$ より1本出ているとする。以下の問いに答えよ。



- ① B, Cはそれぞれ磁力線何本出ているといえるか。
- ② 磁力線が $N$ 本出ている時、磁気量は何Cか
- ③ 磁気量 $M[\text{Wb}]$ より磁力線は何本出ているか
- (4) 磁気量 $+M[\text{Wb}]$ の磁気から磁力線が



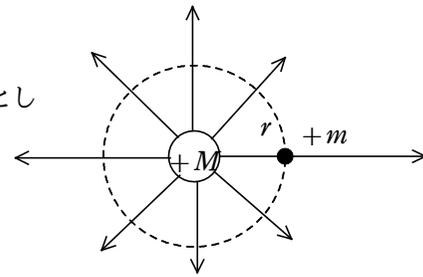
磁力線は $+1\text{Wb}$ の磁気作用する力の方向に存在すると考える。

- (2) ① Bに2倍強い力が作用する ② A ( $1\text{m}^2$ あたりの本数で決まる)
- ③ 2N ④  $2\text{本} \div 2\text{m}^2 = 1\text{N}$  ⑤  $H[\text{N}]$  ⑥  $H[\text{N}/\text{Wb}]$
- ⑦ 4本 ⑧  $20 \div 4 = 5[\text{N}/\text{Wb}]$  5本 ⑨  $H = \frac{N}{S}$
- (3) ① B=2本 C=3本 ②  $N\mu_0[\text{Wb}]$
- ③  $N$ 本出ているとすると、 $M = N\mu_0$ 。よって、 $N = \frac{M}{\mu_0}$ 本
- (4) ①  $\frac{M}{\mu_0}$ 本
- ② 点磁気からでた磁力線はすべてこの球の表面を貫くので①と同数になる。よって、 $\frac{M}{\mu_0}$ 本
- ③ 球の表面積が $4\pi r^2$ なので、 $1\text{m}^2$ あたりの磁力線数は $H = \frac{M}{4\pi r^2 \mu_0}$
- ④  $H = \frac{M}{4\pi r^2 \mu_0}$ が磁場の強さである。方向は中心方向の逆向きである。
- ⑤ ④と同じで、 $H = \frac{M}{4\pi r^2 \mu_0}$
- ⑥  $F = mH$ より、 $F = \frac{Mm}{4\pi r^2 \mu_0}$
- ⑦  $F = \frac{Mm}{4\pi r^2 \mu_0} = \frac{1}{4\pi \mu_0} \frac{Mm}{r^2} = k \frac{Mm}{r^2}$  (これが磁気クーロンの法則である)
- $r=1, M=m=1$ を代入すると、 $F = k = 6.3 \times 10^4$
- <参考>
- $\frac{1}{4\pi \mu_0} = 6.3 \times 10^4$ なので、 $\mu_0 = 1.26 \times 10^{-7} \text{Wb/本}$ 、この $\mu_0$ を真空透磁率という。

## 磁場Ⅱ

四方八方へ一様に出ている。

点磁気を中心とする半径 $r$ の球の表面を考える。 $\mu_0[\text{Wb}]$ より磁力線1本出ているとして以下の問いに答えよ。

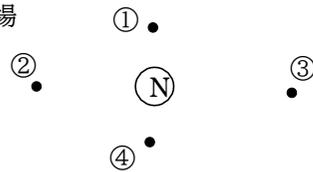


- ① この点磁気から出ている磁力線は何本か
- ② 点磁気を中心とする半径 $r$ の球の表面を貫いている磁力線は何本か
- ③ 点磁気を中心とする半径 $r$ の球の表面 $1\text{m}^2$ あたりの磁力線数は何本か
- ④ 点磁気から $r$ 離れた点の磁場の方向と強さを求めよ。
- ・ 点磁気から $r$ 離れた点に点磁気 $+m[\text{Wb}]$ をおいた。
- ⑤ この点磁気的位置における中心磁気からの磁場の強さはいくらか
- ⑥ この点磁気に作用する磁気力はいくらか
- ⑦  $\frac{1}{4\pi\mu_0} = k$  (この $k$ を磁気クーロン定数という) とする。 $+1\text{Wb}$ の二つの磁気を $1\text{m}$ 離して設置すると、磁気どおしには $6.3 \times 10^4 \text{N}$ の力が作用することが知られている。 $k$ の値はいくらになるか。

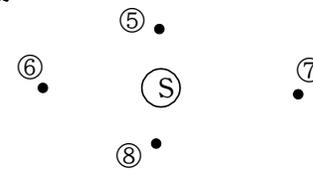
74.

- (1) 「電場は $+1\text{C}$ の電荷に作用する力」、「重力は $1\text{kg}$ の物体に作用する力」で考えることができる。磁場もN磁極に作用する力で考えることができる。次の黒点の位置の磁場の向きを矢印で図示せよ。

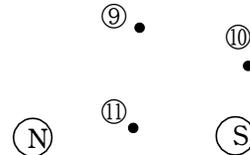
・ N極の周りの磁場



・ S極の周りの磁場



・ NS両極の周りの磁場

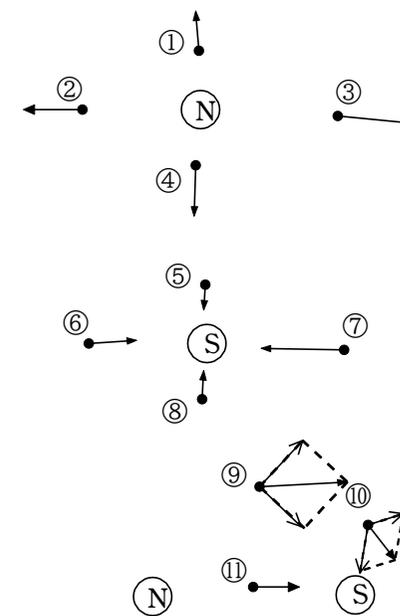


- (2) 磁力線は磁場の方向をつないだものである。次の場合、磁力線を図示せよ。

- ①
- ②

解説

(1)



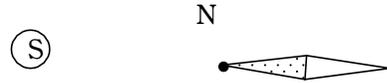
黒点の位置にN極の磁石を置いたとして力の働く方向に矢印を書く。複数の磁極がある場合はそれぞれからの力を書き、それを合成するとよい。

# 磁場Ⅱ

⊙(N)

⊙(S)

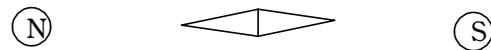
(3) 方位磁石のN極に作用する力の方向を矢印で表わし、磁力線の方向を示せ。



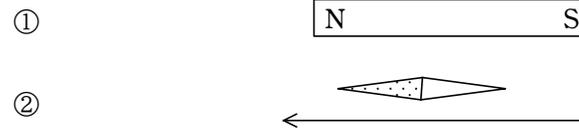
(4) 磁力線は方位磁石のN極の向く向きに存在する。次の場合磁力線の方向を矢印で図示せよ。(色塗りの方がN極である。)



(5) 下の図の方位磁石はどちらがN極か。N極のほうを塗りつぶせ。また、磁力線の方向を矢印で示せ。



(6) 磁石の中の磁力線の向きを図示せよ。

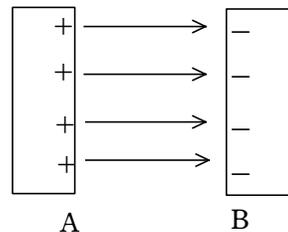


## 75. 磁性体

(1) 電荷は正電荷と負電荷が別々に存在し、別々に動くことができるので、電流が存在し、静電誘導が存在する。しかし、磁気量(磁荷)は正磁極(N)と負磁極(S)が必ずペアで存在し、単独で動くことはない。そのために電流に対応する磁流は存在せず。物体内の電場を0にできる静電誘導に相当するものは存在しない。しかし、各原子がペアの電極を作る誘電分極に相当するものは存在する。

右図は $+4\mu_0[\text{Wb}]$ の磁極Aと、 $-4\mu_0[\text{Wb}]$ の磁極Bを平行に設置したものである。 $\mu_0[\text{Wb}]$ より磁力線が1本出ているとして以下の問いに答えよ。

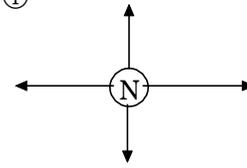
- ① AB間には磁力線が何本出ているか。
- ② 磁極Aの左側には磁力線は何本出ているか



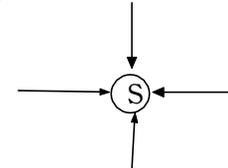
(2) 磁場は電荷が回転することによって生じる。

原子は通常原子核の周りを電子が回っており、その電子が磁場を作っているため、原子自体が小さな磁石になっている。しかし、各原子の磁極がばらばらに存在するために、物体全体として磁石にはならない。各原子の磁極が一斉に同じ方向を向きやすいのが鉄などの物質である。このような物質を強磁性体

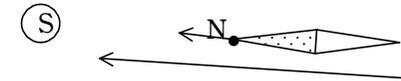
(2) ①



②



(3)

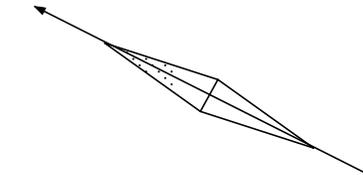


N極に作用する力の方向と、方位磁石のN極の向く向きは同じである。それが磁力線の向きでもある。

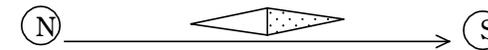
(4) ①



②

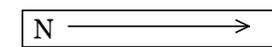


(5)

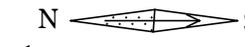


(6)

①



②



方位磁石の内部と外部の磁力線の方向は逆になっていることに注意

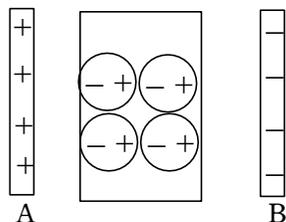
解説

- (1) ① 磁気量が $4\mu_0[\text{Wb}]$ なので、4本
- ② 4本とも右側に出ているので左側にはない。
- (2) ① 磁場がなければ原子の磁極がそろわないので、磁性体内に磁場は存在する。
- ② 正極(N) ③ 負極(S)
- ④ 磁性体内に外部の磁力線が入っているため、発生した磁気量は外部の磁気量よりは少ない。

## 磁場Ⅱ

右図は強磁性体を磁場内に挿入したものである。

- ① この磁性体内に磁場はあるかないか
- ② この磁性体の右側面にできる磁極は何か
- ③ この磁性体の左側面にできる磁極は何か
- ④ 磁極A、Bの磁気量と磁性体に発生した磁気量はどちらが大きいのか。

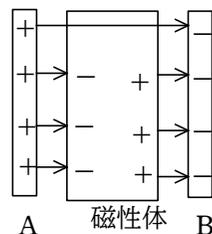


### 76. 透磁率

- (1)  $+4\mu_0[\text{Wb}]$ の磁極Aと $-4\mu_0[\text{Wb}]$ の磁極Bの間に、

磁性体を挿入した。この磁性体は貫く磁力線の75%を受け止めるだけの磁化する能力があるとする。

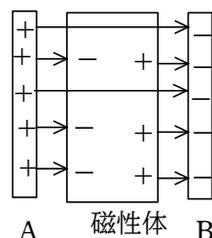
その状態を図示したのが右図である。この図を見て以下の問いに答えよ。



- ① 磁極Aから出ている磁力線は何本か
- ② この磁性体に生じた磁気量は何Wbか
- ③ 磁性体内に入り込んだ磁力線は何本か
- ④ この磁性体が磁力線一本通す磁気量（透磁率という）はいくらか
- ⑤ 透磁率の真空透磁率（ $\mu_0$ ）に対する比を比透磁率という。この磁性体の比透磁率はいくらか
- ⑥ この磁性体の外部の磁場に比べて磁性体内の磁場は何分の一になっているか

- (2)  $+5\mu_0[\text{Wb}]$ の磁極Aと $-5\mu_0[\text{Wb}]$ の磁極Bの間に

磁性体を挿入した。そのときの磁力線の状態を表したのが右図である。これを見て以下の問いに答えよ。

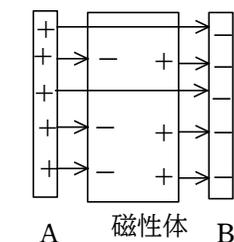


- ① 磁極Aから磁力線は何本出ているか。
- ② 磁性体に生じている磁気量はいくらか
- ③ 磁性体内を貫いている磁力線は何本か
- ④ この磁性体の透磁率はいくらか
- ⑤ この磁性体の比透磁率はいくらか
- ⑥ 磁性体内の磁場の強さは磁性体外の磁場の強さの何倍になっているか

- (3) 磁気量 $+M$ の磁極Aと、磁気量 $-M$ の磁極Bの間に

磁性体を入れたところ磁化により $xM$ の磁気量が生じた。

$\mu_0[\text{Wb}]$ より磁力線が1本出るとして以下の問いに答えよ。



- ① 磁極Aから磁力線は何本出ているか
- ② 磁化により磁性体表面で断ち切られる磁力線は何本か
- ③ 磁性体内に入り込む磁力線は何本か
- ④ この磁性体の透磁率はいくらか
- ⑤ この磁性体の比透磁率はいくらか
- ⑥ 磁性体内の磁場の強さは外部の磁場の何倍か

- (4) 磁気量 $+M$ の磁極Aと、磁気量 $-M$ の磁極Bの間に、

### 解説

- (1) ① 4本 ② 4本 ( $4\mu_0$ ) の75%なので $3\mu_0[\text{Wb}]$   
 ③ 生じた $3\mu_0[\text{Wb}]$ の磁気により磁力線4本のうち3本が打ち消される。よって、1本  
 ④  $4\mu_0$  ⑤ 4 ⑥ 磁場の強さは磁力線密度である。 $\frac{1}{4}$

- (2) ① 5本  
 ② 磁化で生じる磁気量は片方の面に生じる磁気量の絶対値で答える。  $3\mu_0$   
 ③ 2本  
 ④  $5\mu_0[\text{Wb}]$ で2本磁力線が通過しているので、磁力線1本当たり、 $\frac{5}{2}\mu_0$ 。

透磁率は $\frac{5}{2}\mu_0$ となる。

- ⑤ 比透磁率は真空透磁率 $\mu_0$ に対する比なので、 $\frac{5}{2}=2.5$

- ⑥ 磁場の強さは磁力線密度である。外部の5本に対して内部では2本なので、 $\frac{2}{5}$ 倍になっている。よって、0.4倍

- (3) ①  $\frac{M}{\mu_0}$ 本 ②  $xM[\text{Wb}]$ の磁気が生じ、生じた分だけ断ち切られるので、 $\frac{xM}{\mu_0}$ 本

- ③  $\frac{M}{\mu_0}$ 本のうち、 $\frac{xM}{\mu_0}$ 本が断ち切られるので、 $(1-x)\frac{M}{\mu_0}$ 本

- ④ 透磁率は貫く磁力線1本あたりの磁気量でこの場合磁気量 $M$ で $(1-x)\frac{M}{\mu_0}$ 本貫い

ていることになるので、1本あたり、 $M \div (1-x)\frac{M}{\mu_0} = \frac{\mu_0}{1-x}$

- ⑤ 比透磁率は $\mu_0$ の何倍かなので、 $\frac{1}{1-x}$

- ⑥ 比透磁率4は磁場 $\frac{1}{4}$ 、比透磁率5は磁場 $\frac{1}{5}$ になるので、磁場の強さは比透磁率の逆数になる。よって、 $1-x$

- (4) ①  $\frac{M}{\mu_0}$ 本 ②  $\mu_r\mu_0$

- ③ 磁性体内は透磁率（1本あたりの磁気量）が $\mu_r\mu_0$ なので、磁力線数は $\frac{M}{\mu_r\mu_0}$

## 磁場Ⅱ

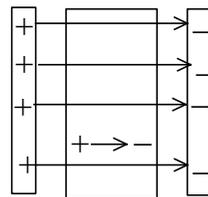
比透磁率 $\mu_r$ の磁性体を入れた。

$\mu_0$ [Wb]より磁力線が1本出るとして以下の問いに答えよ。

- ① 磁極Aから磁力線は何本出ているか
  - ② この磁性体の透磁率はいくらか
  - ③ 磁性体内を貫く磁力線は何本か
  - ④ 磁性体内の磁場の強さは外部の磁場の何倍か
  - ⑤ 磁化により生じた磁気量はいくらか
- (5) 通常磁性体は近いほうの磁極と逆の磁極ができるが、同じ磁極ができるような磁性体も存在する。このような磁性体を反磁性体という。下の図は $+4\mu_0$ [Wb]の磁極Aと $-4\mu_0$ [Wb]の磁極Bの間に、反磁性体を挿入した。この反磁性体は貫く磁力線の25%に当たる磁極を生じたとする。

この図を見て以下の問いに答えよ。

- ① 磁極Aから出る磁力線は何本か
- ② 反磁性体内の磁力線は何本か
- ③ 反磁性体内の磁力線1本あたりの磁気量（透磁率）はこの場合いくらになるか。
- ④ この反磁性体の比透磁率はいくらか
- ④ 反磁性体の比透磁率の範囲を示せ。



A 反磁性体 B

④ 磁性体内では磁力線が外部の $\frac{M}{\mu_0}$ 本に対して、 $\frac{M}{\mu_r\mu_0}$ 本なので、 $\frac{1}{\mu_r}$ になっている。

⑤ 磁性体外部の $\frac{M}{\mu_0}$ 本に対して、磁性体内は $\frac{M}{\mu_r\mu_0}$ 本なので、断ち切られた磁力線

は $(\frac{M}{\mu_0} - \frac{M}{\mu_r\mu_0})$ 本である。磁力線1本あたり磁気量は $\mu_0$ なので、 $(\frac{M}{\mu_0} - \frac{M}{\mu_r\mu_0})$ 本は

$$(\frac{M}{\mu_0} - \frac{M}{\mu_r\mu_0}) \times \mu_0 = (1 - \frac{1}{\mu_r})M$$

(5) ① 4本 ② 5本

③  $4\mu_0$ の磁気量の磁極に磁化されると磁力線が5本通るので、透磁率は $\frac{4}{5}\mu_0$ 。

④ 比透磁率は $\frac{4}{5}$

⑤ 比透磁率が1より小さい。