

# 〔電流と磁場〕

## 【1】2013年度 追試験 物理Ⅰ 第2問 B 問4

問4 次の文章中の空欄  ～  に入れる記号の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。

図6のように、水平な  $xy$  平面上に磁針とコイル A, B, C を各コイルの中心軸が水平となるように置いた。ここで、磁針は原点に、各コイルは原点から等距離となる位置にある。各コイルの中心軸は原点を通り、それぞれ互いに  $120^\circ$  をなしている。  $y$  軸の正の向きを北にとり、図6のように  $xy$  平面を鉛直上方から見たとき、磁針の N 極が  $y$  軸の正の向きから時計回りに回転した角度を  $\theta$  とする。コイル A, B, C には矢印の向きに電流を流すことができ、どのコイルにも電流を流さない状態では、 $\theta = 0^\circ$  であった。

まず、コイル  に電流を流すと磁針は時計回りに回転し、 $\theta$  が  $120^\circ$  になった。次に、電流を流すコイルを  に変えると、磁針は再び時計回りに回転し、 $\theta$  が  $240^\circ$  になった。さらに、電流を流すコイルを  に変えると、磁針は時計回りに  $360^\circ$  まで回転して、元の向きに戻った。ただし、コイルに流れる電流が原点付近につくる磁場は、地磁気に比べて十分大きいものとする。

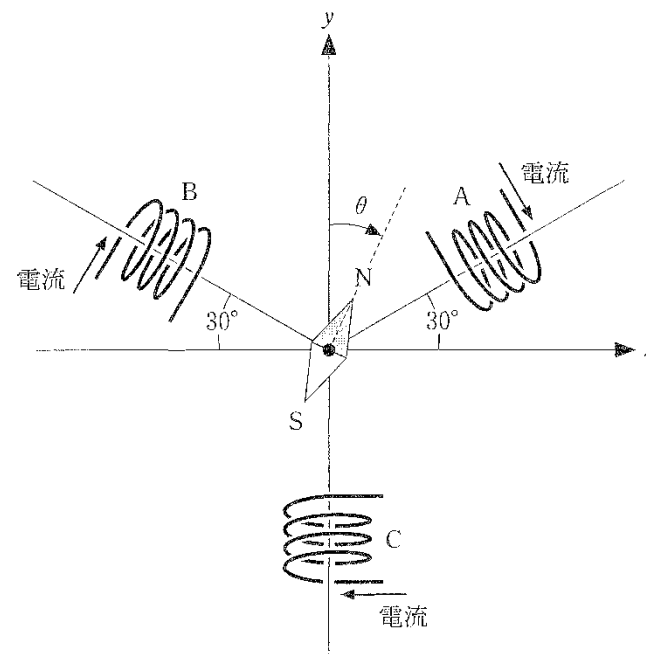


図 6

	ア	イ	ウ
①	A	B	C
②	A	C	B
③	B	C	A
④	B	A	C
⑤	C	A	B
⑥	C	B	A

【2】2012年度 追試験 物理I 第2問 B

図3のように、金属リングと  $N$  本の金属棒(スポーク)からなる車輪に金属製の軸を通して、車輪をなめらかに回転できるようにした。金属製のブラシを金属リングと常に接触するようにしておき、軸とブラシに電圧  $V$  の直流電源を接続した。

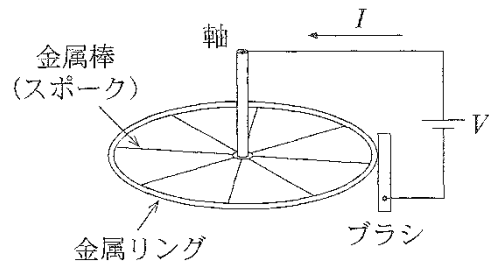


図 3

問3 1本の金属棒の抵抗はそれぞれ  $R$  であるとし、金属リング、ブラシおよび軸の抵抗が無視できるとき、軸を流れる電流の大きさ  $I$  を表す式として正しいものを、次の①~⑧のうちから一つ選べ。

- |                    |                    |                  |
|--------------------|--------------------|------------------|
| ① $\frac{N^2R}{V}$ | ② $\frac{NR}{V}$   | ③ $\frac{R}{NV}$ |
| ④ $\frac{R}{N^2V}$ | ⑤ $\frac{N^2V}{R}$ | ⑥ $\frac{NV}{R}$ |
| ⑦ $\frac{V}{NR}$   | ⑧ $\frac{V}{N^2R}$ |                  |

問4 次の文章中の空欄  ・  に入れる記号および語句の組合せとして最も適当なものを、下の①~⑥のうちから一つ選べ。

車輪を一樣な磁場中に置いたところ、図4の矢印の向きに車輪が回転をはじめた。このとき、磁場は図5の  の矢印の向きにかかっている。磁場はそのままにして、電源の+端子と-端子を入れかえると、車輪の回転の向きは  。

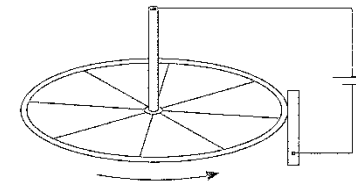


図 4

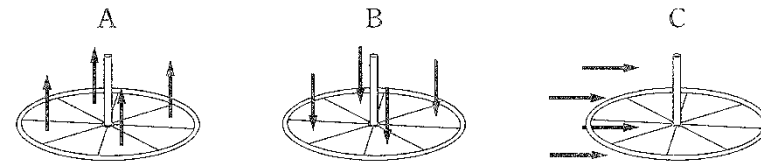


図 5

	ウ	エ
①	A	変化しない
②	A	逆転する
③	B	変化しない
④	B	逆転する
⑤	C	変化しない
⑥	C	逆転する

【3】1993年度 追試験 物理 第4問 B

B 図4のように、真空中に、長い直線導体Lと、端子a, bのついた長方形のコイル PQRS ( $\overline{PQ} = \overline{RS} = 0.20\text{ m}$ ,  $\overline{QR} = \overline{SP} = 0.10\text{ m}$ )がある。a と b の間隔は $\overline{QR}$  に比べて無視できる。Lは、図4ではz軸に重なっているが、このLはz軸に平行に保ったまま、x軸に沿って移動できるようになっている。コイルはyz面内であって、PS, QRがz軸と平行で、 $\overline{OP} = 0.20\text{ m}$ である。また、Lにはz軸の正の向きに1.0Aの電流が流れている。

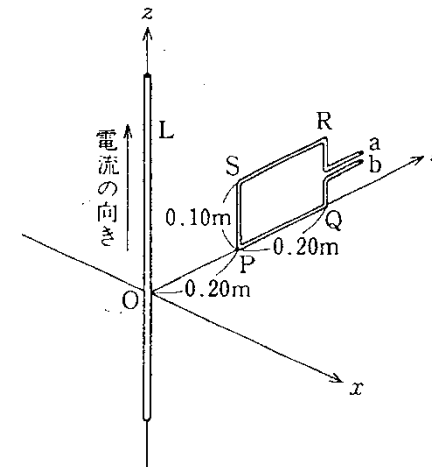


図 4

問4 コイルの端子 a, b を直流電源につないで, コイルに RSPQ の向きに 1.0A の電流を流した。直線導体 L を z 軸に重ねて固定したとき, コイル全体に働く力の大きさはいくらか。ただし, 真空の透磁率は  $4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$  である。  N  
また, その向きはどちら向きか。

の解答群

- ①  $1.0 \times 10^{-8}$       ②  $3.0 \times 10^{-8}$       ③  $5.0 \times 10^{-8}$   
 ④  $7.0 \times 10^{-8}$       ⑤  $1.0 \times 10^{-7}$       ⑥  $3.0 \times 10^{-7}$   
 ⑦  $5.0 \times 10^{-7}$       ⑧  $7.0 \times 10^{-7}$

の解答群

- ① x 軸の正の向き      ② y 軸の正の向き  
 ③ z 軸の正の向き      ④ x 軸の負の向き  
 ⑤ y 軸の負の向き      ⑥ z 軸の負の向き

#### 【4】1992年度 追試験 物理 第4問

電子を一様な磁界の中で運動させて, その軌道を観察した。図3のように, 二つの円形コイルを, 軸を共通にして適当な間隔で平行に置き, これ

→

に電流を流すとコイル間には一様な磁界(磁束密度  $B$ )ができる。この磁界中に, 電子銃(電圧をかけて電子を加速して, 打ち出す装置)と希薄な水素ガスを封入した球形ガラス管を置く。打ち出された電子と衝突して, 水素ガスが発光するので, 電子の軌道は目で見ることができる。

電子銃の加速電圧  $V$  を一定にして電子を磁界に垂直に打ち出し, コイルに電流  $I$  を流すと, 電子の軌道は曲がりはじめ, 円形になった。さらにコイルの電流を増していくと, 円軌道の半径  $r$  は次第に小さくなった。次に, 電流  $I$  を一定にし, 加速電圧を上げていくと, 電子の円軌道の半径は大きくなった。このように, 円軌道の半径  $r$  は, 加速電圧  $V$  とコイルの電流  $I$  の関数と考えられる。

表1は, 加速電圧  $V$  [V] とコイルの電流の大きさ  $I$  [A] をいろいろ変化させたときの, 電子の円軌道の半径  $r$  [cm] を測定した結果を示したものである。

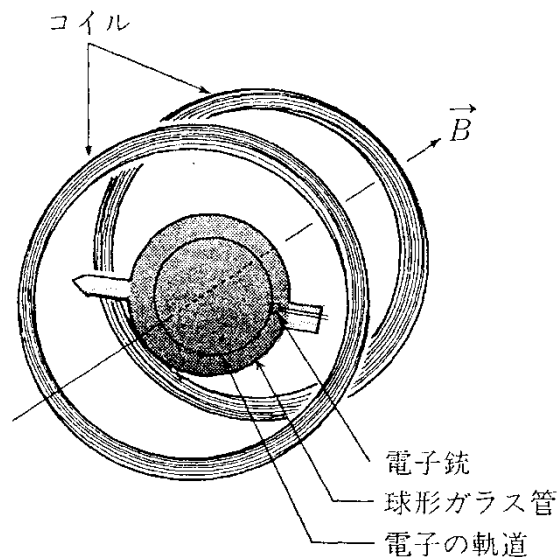


図 3

表1  $r[\text{cm}]$ の測定値

$V[\text{V}]$ \ $I[\text{A}]$	200	300	400
1.20	5.0		
2.00	3.0	3.7	4.3
2.40	2.5	3.1	3.6

(注 空欄は測定値が得られなかったことを示す。)

次の問い(問1~3)の□に入れるのに最も適当な語句または数値を、それぞれの解答群のうちから一つずつ選べ。ただし、 $x^{-x} = \frac{1}{x^n}$ ,  $x^{\frac{n}{2}} = (\sqrt{x})^n$  である。

(配点 31)

問1 表1の結果から、コイルの電流  $I$  を一定にして、加速電圧  $V$  を2倍にすると、円軌道の半径  $r$  は、約□29□倍になることがわかる。したがって、 $r$  と  $V$  の関係を

$$r = k_1 V^a \quad (k_1 \text{は } V \text{ によらない比例定数}) \quad (1)$$

と表すと、 $a = \square 30 \square$  であると推測される。

□29□の解答群

- ① 1.0      ② 1.2      ③ 1.4  
④ 1.6      ⑤ 1.8      ⑥ 2.0

□30□の解答群

- ① -2      ②  $-\frac{3}{2}$       ③ -1      ④  $-\frac{1}{2}$   
⑤  $\frac{1}{2}$       ⑥ 1      ⑦  $\frac{3}{2}$       ⑧ 2

問2 同じく表1から、加速電圧  $V$  を一定にして、コイルの電流  $I$  を2倍にすると、円軌道の半径  $r$  は、約 31 倍になることがわかる。したがって、 $r$  と  $I$  の関係を

$$r = k_2 I^b \quad (k_2 \text{ は } I \text{ によらない比例定数}) \quad (2)$$

と表すと、 $b = \text{32}$  であると推測される。式(1), (2)から、 $r$  と  $V$ ,  $I$  の間の関係は、

$$r = kV^a I^b \quad (k \text{ は } V \text{ と } I \text{ によらない比例定数})$$

の形に表されることが予想される。

31 の解答群

- ① 0.33      ② 0.50      ③ 0.60  
④ 0.67      ⑤ 1.0

32 の解答群

- ① -2      ② -1      ③  $-\frac{1}{2}$   
④  $\frac{1}{2}$       ⑤ 1      ⑥ 2

問3 次に、この実験結果を式の上で考えてみよう。電子の質量を  $m$ , 電子の電荷を  $-e$  ( $e > 0$ ) とし、電圧  $V$  で加速された電子の、磁界に入射するときの速さを  $v$  とすると、33 保存の法則により次の関係が成り立つ。

$$\frac{1}{2}mv^2 = \text{34} \quad (3)$$

また、磁界中では、ローレンツ力が 35 としてはたらくので、電子は等速円運動をする。したがって、磁束密度の大きさを  $B$  とすると、次の関係が成り立つ。

$$\frac{mv^2}{r} = \text{36} \quad (4)$$

磁束密度の大きさ  $B$  は、コイルの電流  $I$  に比例することがわかっているのので

$$B = KI \quad (K \text{ は定数}) \quad (5)$$

とおくことができる。式(3), (4), (5)から、軌道半径  $r$  は  $V$ ,  $I$  によらない比例定数  $k'$  を用いて

$$r = k'V^a I^b$$

と表すことができる。 $k'$  は

$$k' = \text{37}$$

で与えられる。

33, 35 の解答群

- ① 質量      ② 電荷      ③ 運動量  
④ エネルギー      ⑤ 重力      ⑥ クーロン力  
⑦ 向心力      ⑧ 遠心力

34, 36, 37 の解答群

- ①  $eV^2$       ②  $e^2V^2$       ③  $eV$   
④  $evV$       ⑤  $evB$       ⑥  $evB^2$   
⑦  $\left(\frac{m}{e}K^2\right)^2$       ⑧  $(meK)^2$       ⑨  $\frac{e}{m}K$   
⑩  $\frac{1}{K}\sqrt{\frac{2m}{e}}$       ⑩  $K\sqrt{\frac{2m}{e}}$       ⑩  $\sqrt{\frac{2m}{e}}$

【5】1990年度 追試験 物理 第3問

十分長い直線状の導線を鉛直におき、その近くに、水平面内で自由に回転できる磁針をおいた。地磁気による磁界の水平成分(水平分力)は、正しく北を向いているとして、次の問い(問1～4)の答えを、それぞれの解答群のうちから一つずつ選べ。

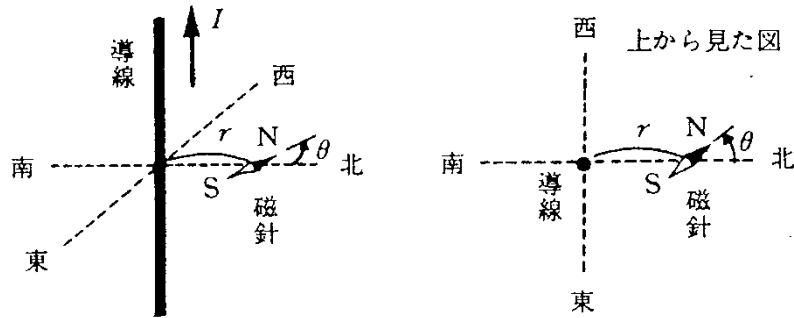
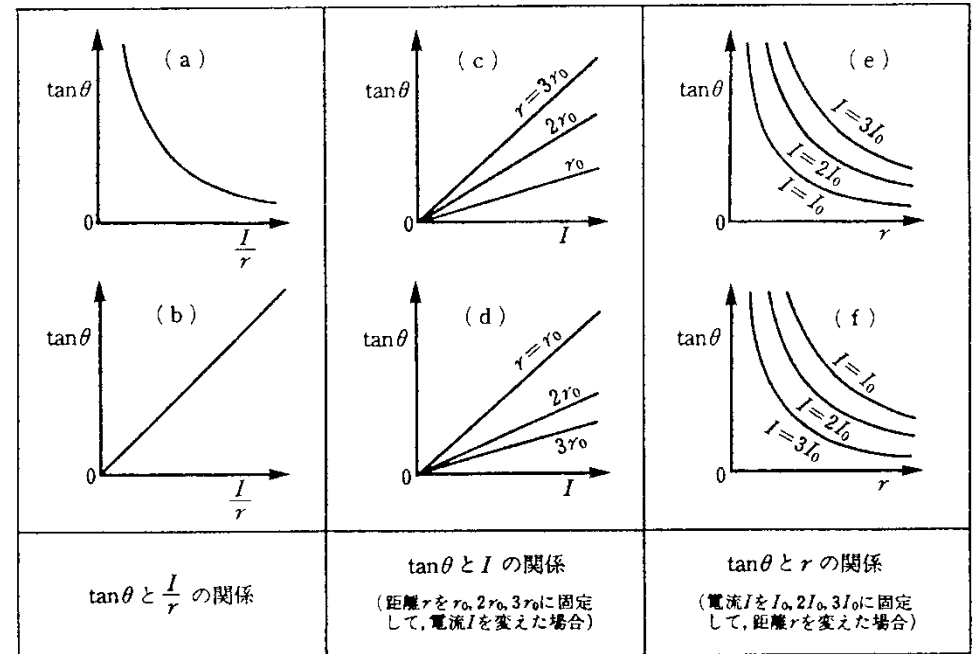


図 3

問1 図3のように、磁針を導線から北へ距離  $r$  だけ離して置き、導線に下から上へ直流電流  $I$  を流したところ、磁針のN極は、北から角度  $\theta$  だけ西側へ振れた。

導線に流れる電流がつくる磁界の強さは、電流に比例し、導線からの距離に反比例する。回転角  $\theta$  と、電流  $I$  および距離  $r$  との関係をいろいろな表し方で描いた次の図のうち、正しい図の組み合わせはどれか。



12 の解答群

- |               |               |
|---------------|---------------|
| ① (a)と(c)と(e) | ② (b)と(c)と(e) |
| ③ (a)と(c)と(f) | ④ (b)と(c)と(f) |
| ⑤ (a)と(d)と(e) | ⑥ (b)と(d)と(e) |
| ⑦ (a)と(d)と(f) | ⑧ (b)と(d)と(f) |

問2 導線に直流電流を流したとき、北へ  $r = 0.20\text{m}$  の位置に置いた磁針の N 極が西側へ  $\theta = 45^\circ$  振れた。この電流がつくる磁界と、地磁気の磁界の水平成分との合成磁界がゼロであるのはどの位置か。

- ① 東へ 0.14m      ② 東へ 0.20m      ③ 東へ 0.28m  
④ 南へ 0.14m      ⑤ 南へ 0.20m      ⑥ 南へ 0.28m  
⑦ 西へ 0.14m      ⑧ 西へ 0.20m      ⑨ 西へ 0.28m

問4 導線に 20A の直流電流を流したとき、導線が地磁気からうける力の大きさは、1m 当たりいくらか。ただし、地磁気の磁束密度<sup>注)</sup>の水平成分の大きさは  $3.0 \times 10^{-5} \text{T}$  [ $\text{N}/(\text{A} \cdot \text{m})$ ,  $\text{Wb}/\text{m}^2$  と同じ単位] とする。

- N/m
- ①  $7.5 \times 10^{-8}$       ②  $1.5 \times 10^{-6}$       ③  $7.5 \times 10^{-6}$   
④  $1.5 \times 10^{-4}$       ⑤  $6.0 \times 10^{-4}$       ⑥  $1.2 \times 10^{-2}$   
⑦  $6.0 \times 10^{-2}$       ⑧  $1.2 \times 10^{-1}$

注) 磁束密度は磁界の  $\mu_0$  倍である。ただし、 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{N}/\text{A}^2$ 。