

物理のこれだけはできないと「やばい」問題集

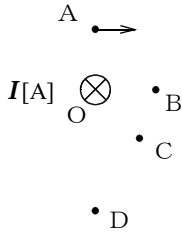
No.26

磁場・電磁力編

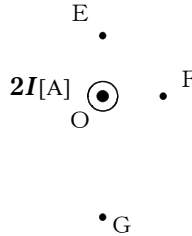
フツリヨキワメ

1 点Oを通る十分長い導線に電流を流したきに各点で生じる磁場を矢印で表しその大きさも求めよ。また、透磁率を $\mu[\text{N/m}^2]$ として磁束密度も求めよ。ただし、矢印の長さは点Aでの矢印を基準にして考えること。ただし、 $OA=OB=OC=OE=OF=r$, $OD=OG=2r[\text{m}]$ とする。

(1) 紙面表から裏向きに $I[\text{A}]$ の電流



(2) 紙面裏から表向きに $2I[\text{A}]$ の電流

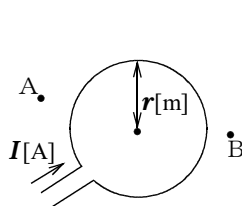


2 次の文章を読み、各問いに答えよ。

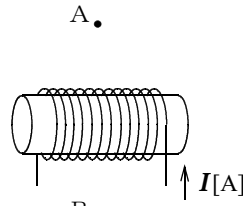
(1) (図1)のように、半径 $r[\text{m}]$ の円形コイルに $I[\text{A}]$ の電流が流れている。このコイルの中心部分での磁場の強さと向きを求めよ。また、透磁率を $\mu[\text{N/m}^2]$ として磁束密度も求めよ。さらに、点A, Bでの磁場の向きも答えよ。

(2) (図1)のように、半径 $r[\text{m}]$, N 巻きの円形コイルに $I[\text{A}]$ の電流が流れている。このコイルの中心部分での磁場の強さと向きを求めよ。また、透磁率を $\mu[\text{N/m}^2]$ として磁束密度も求めよ。

(3) (図2)のように、長さ $l[\text{m}]$, N 巻きのソレノイドコイルがある。このコイルの中心部分での磁場の強さと向きを求めよ。また、透磁率を $\mu[\text{N/m}^2]$ として磁束密度も求めよ。さらに、点A, Bでの磁場の向きも答えよ。



(図1)

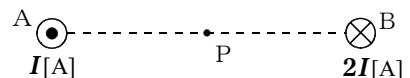


(図2)

3 次の文章を読み、各問いに答えよ。

$2a[\text{m}]$ 離れた2点A, Bを通る紙面に垂直で十分長い導線があり、点Aでは紙面裏から表向きに、点Bでは紙面表から裏向きにそれぞれ、 I , $2I[\text{A}]$ の電流が流れている。ただし、ABの中点をP, 透磁率を $\mu[\text{N/m}^2]$ とする。

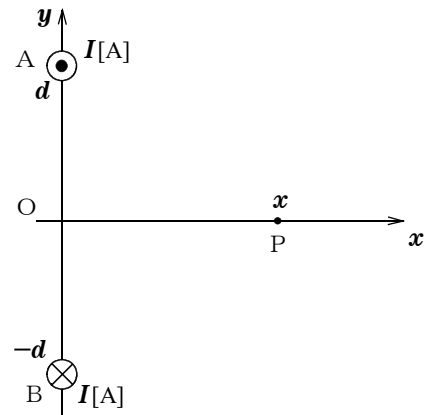
- (1) 点Aに流れる電流が点P上で作る磁束密度の強さと向きを求めよ。
- (2) 点Bに流れる電流が点P上で作る磁束密度の強さと向きを求めよ。
- (3) 点Pでの合成磁束密度の強さと向きを求めよ。
- (4) 直線AB上で合成磁束密度が 0 となる場所を求めよ。



4 次の文章を読み、各問いに答えよ。

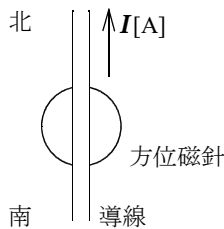
x - y 平面上の2点A, Bを通る紙面に垂直な導線があり、点Aでは紙面裏から表向きに、点Bでは紙面表から裏向きに I [A]の電流が流れている。A, Bの座標をそれぞれ $(0, d)$, $(0, -d)$ とする。

- (1) 点Aに流れる電流が座標 $(x, 0)$ の点P上にする磁場の強さを求めよ。
- (2) 点Bに流れる電流が点P上にする磁場の強さを求めよ。
- (3) $\angle OAP = \theta$ として、点P上での合成磁場の強さと向きを求めよ。
- (4) 点Pでの合成磁場の強さを d, I, x を用いて表せ。
- (5) 点Pを x 軸上で移動させた。合成磁場が最大となる x の値を求めよ。また、このときの合成磁場の強さを求めよ。

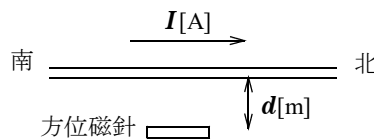


5 次の文章を読み、各問いに答えよ。

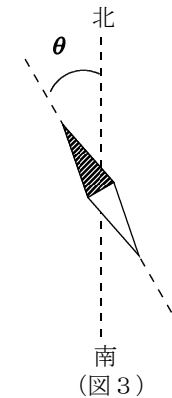
水平な南北方向の導線に I [A]の電流を北向きに流すと、導線の真下 d [m]の位置に置いた方位磁針のN極が、西へ角度 θ [°]だけ振れて静止した。地磁気の水平分力 H_0 を求めよ。ただし、(図1)、(図2)は方位磁針をそれぞれ真上からと真横からみたものであり、(図3)は電流を流したときの磁針の様子を表したものである。



(図1)



(図2)

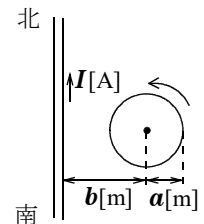


(図3)

6 次の文章を読み、各問いに答えよ。

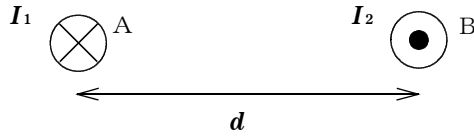
南北にはった十分長い導線に強さ I [A]の電流が北向きに流れている。その横に半径 a [m]の1回巻きのコイルが置いてあり、このコイルの中心は南北にはった導線から b [m]離れている。

- (1) 導線を北向きに流れる電流がコイルの中心に作る磁場の強さを求めよ。
- (2) コイルに反時計回りの電流が流すと、コイルの中心での磁場が 0 になった。コイルに流れる電流の強さを求めよ。



7 次の文章を読み、各問いに答えよ。

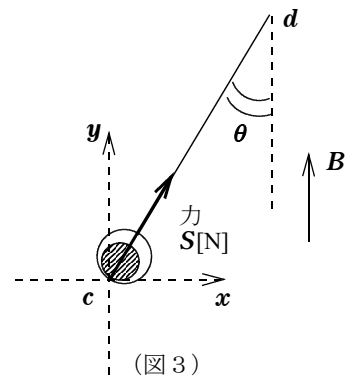
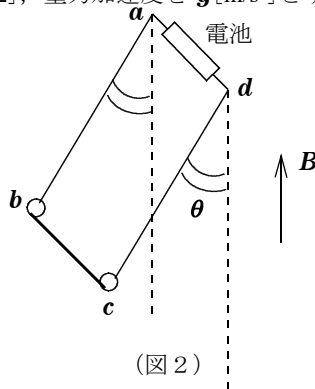
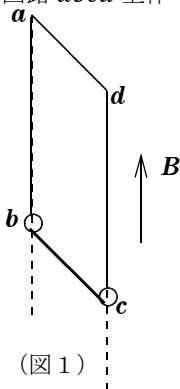
紙面に垂直に間隔が d [m] の 2 本の平行な導線 A, B がある。導線 A には紙面表から裏向きに I_1 [A], 導線 B には紙面裏から表向きに I_2 [A] の電流が流れている。ただし、透磁率を μ [A/m²] とする。



- (1) A に流れる電流が B 上を作る磁場の向きと強さを求めよ。
- (2) (1) で求めた磁場から導線 B の長さ l [m] の部分が受ける力の向きと大きさを求めよ。
- (3) 導線 A の長さ l [m] の部分が受ける力の向きと大きさを求めよ。
- (4) (2) と (3) の力の関係を何というか。

8 次の文章を読み、各問いに答えよ。

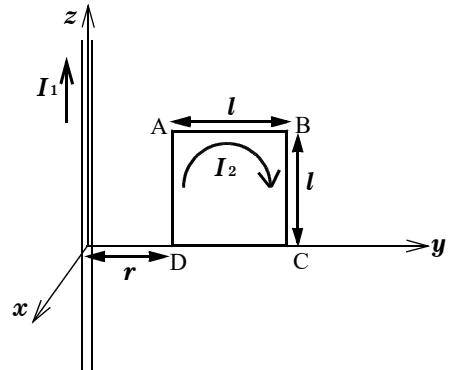
鉛直方向上向きに一様な磁場 (磁束密度 B [T]) がある。(図 1) のように、この磁場中に長方形型のコイル $abcd$ を図のようにつくり、辺 ad を軸に回転できるようにしている。また、コイルの点 b , c には輪がついており、コイルの一部である導体棒 bc (質量 m [kg]) はその輪を通して置かれている。次に、辺 ad の部分に電池をつなぎ電流を流せるようにしたところ、(図 2) のようにコイルは鉛直方向から角度 θ 傾いて静止した。ただし、コイルの bc 以外の部分は十分軽いものとし、(図 3) はコイルの辺 cd 側から見た図であり、点 b , c につけた輪が導体棒 bc に加えている力の向き (大きさ S [N]) は右図の矢印の通りとする。ただし、回路 $abcd$ 全体での抵抗を R [Ω], 重力加速度を g [m/s²] とする。



- (1) コイルに流れる電流の向きを答えよ。(答え方の例: $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d$)
- (2) 導体棒 bc に働く電磁力の向きを求めよ。(答え方の例: $+x$ 方向, $-y$ 方向など)
- (3) m , g を使って電磁力の大きさを求めよ。
- (4) 導体棒 bc の長さが l [m] のとき、コイルにつないだ電池の起電力を求めよ。

9 次の文章を読み、各問いに答えよ。

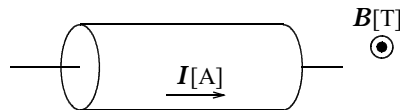
図のように、直交座標軸の z 軸上に無限に長い導線があり、 z 軸の正の向きに電流 I_1 [A] が流れている。また、 yz 座標面に 1 辺の長さ l [m] の正方形のコイル ABCD があり、図の向きに電流 I_2 [A] が流れている。ABCD の辺 CD は y 軸上にあり、辺 AD と z 軸との距離は r [m] である。電流 I_1 [A] がコイル ABCD に及ぼす力を考える。ただし、透磁率を μ [A/m²] とする。



- (1) 辺 AB に流れる電流が受ける力の向きを求めよ。
- (2) 辺 BC に流れる電流が受ける力の向きと大きさを求めよ。
- (3) 辺 CD に流れる電流が受ける力の向きを求めよ。
- (4) 辺 DA に流れる電流が受ける力の向きと大きさを求めよ。
- (5) コイル ABCD が受ける力の合力の向きと大きさを求めよ。

10 次の文章を読み、空欄 1～5 に適切な式・語句を入れよ。

長さ l [m] の導線中を紙面右向きに強さ I [A] の電流が流れている。このとき、紙面裏から表向きに磁束密度 B [T] の一様な磁場をかけると、導線には紙面 (1) 向きに大きさ (2) [N] の電磁力が働く。電気素量を e [C]、導線の自由電子密度を n [1/m³]、断面積を S [m²]、自由電子が進む速さを v [m/s] とすると、(2) = (3) と表される。従って、電子 1 個当たりが受ける力は (4) [N] となり、この力を (5) という。



11 次の文章を読み、各問いに答えよ。

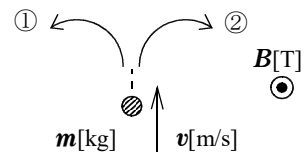
正に帯電した極板 A と負に帯電した極板 B を d [m] 離して平行に置き、 V [V] の電圧をかけた。極板と平行に速さ v [m/s] で電気量 $-q$ ($q > 0$) の陰イオンを入射させた。この陰イオンを直進させるために極板内に磁場をかけた。



- (1) 極板内に生じる電場の強さと向きを求めよ。
- (2) (1) の電場から陰イオンが受ける力の向きと大きさを求めよ。
- (3) 極板内にかけた磁場の磁束密度の大きさと向きを求めよ。

12 次の文章を読み、各問いに答えよ。

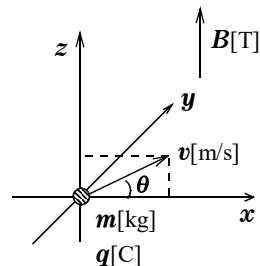
紙面裏から表向きに磁束密度 B [T] の一様な磁場がかけられている。この領域中を質量 m [kg] で電気量 q [C] (> 0) の正電荷が図の向きに通過した。



- (1) 正電荷が描く軌道は①, ②のどちらか。理由とともに答えよ。
- (2) 円軌道の半径を求めよ。
- (3) 円軌道の周期を求めよ。
- (4) 正電荷の速さを 2 倍にした。半径, 周期は何倍になるか。
- (5) 電荷を負にした。電荷が描く軌道は①, ②のどちらか。

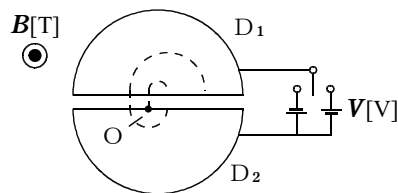
13 次の文書を読み、空欄1～5に適切な式、空欄6に適切な語句を入れよ。

図のような x, y, z 座標軸で定義した空間中には $+z$ 方向に磁束密度 $B[T]$ の一様な磁場がかけられている。このとき原点 O から、 $x-z$ 平面と平行に、 x 軸から z 軸に向けての角を θ にして質量 $m[kg]$ 、電気量 $q[C]$ の電荷を初速度 $v[m/s]$ で打ち出した。このとき、 $x-y$ 平面では半径 (1) $[m]$ の等速円運動をし、 z 軸上では速さ (2) $[m/s]$ の等速直線運動をする。したがって、打ち出してから x 軸の正の領域 ($y=0$) を再び入るのは (3) $[s]$ 後なので、このときの z 座標は (4) となる。これをピッチという。このように、電荷は半径 (1) の (5) 運動をする。



14 次の文書を読み、空欄1～4に適切な語句を入れよ。

図のように、中が空洞になっている金属円板を均等にして2つに割った D_1 と D_2 からなる加速器を作った。この D_1 と D_2 の中では発生したイオンが運動できるようにしている。さらに、 D_1 と D_2 に電池とスイッチをつなぐことで、それぞれにかかる大きさ $V[V]$ の電圧の正負が $t[s]$ 毎に入れ替えられるようにしている。また、紙面裏から表向きに磁束密度 $B[T]$ の一様な磁場がかけられている。



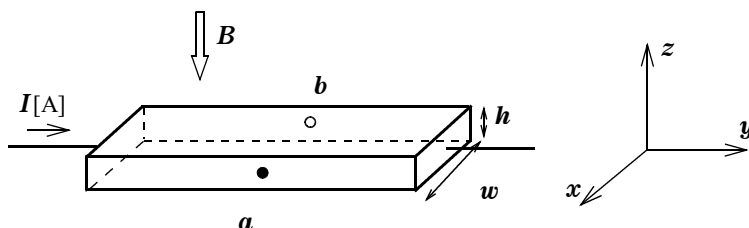
D_2 の端の点 O で、正電荷 $q[C]$ 、質量 $m[kg]$ のイオンが発生し、 D_1 と D_2 の間隙中の電場によって加速され D_1 の中に入った。このときの速度は (1) $[m/s]$ である。ただし、この区間は大変短く、磁場の影響による速度変化や間隙を通過するのにかかる時間は無視できるものとする。 D_1 中を運動しているイオンは磁場の中で半径 (2) $[m]$ の等速円運動を行い、再び、間隙に出てくる。このとき、間隙の電場がイオンが発生したときと逆向きであれば、再び加速され、 D_2 の中で等速円運動をする。こうして繰り返し加速されるためには $t =$ (3) であればよい。また、間隙を n 回通過したときのイオンの速さは (4) である。また、加速器の半径が R のとき、得られるイオンの速度の最大値は (5) である。

15 次の文中の空欄ア～セに適切な語句・式を入れよ。

(1) ケイ素 (Si) やゲルマニウム (Ge) などの半導体を真性半導体と呼ぶのに対し、Si や Ge にリン (P) やアルミニウム (Al) などを混入した半導体を不純物半導体と呼ぶ。4 価の Si に 5 価の P などを混入したものを (ア) 型半導体といい、キャリアは (イ: 正孔, 電子) である。3 価の Al などを混入したものを (ウ) 型半導体といい、キャリアは (エ: 正孔, 電子) である。

(2) 図のような直方体の p 型半導体 (断面積 $hw [m^2]$) があり、 $+y$ 方向に電流 $I[A]$ を流し、磁束密度 $B[T]$ の一様な磁場を $-z$ 向きにかけた。このとき、速さ $v[m/s]$ で進む半導体のキャリアは (オ) 方向に力を受ける。このためキャリアが (オ) 方向に移動するので半導体の a 側が (カ: 正, 負) に、 b 側が (キ: 正, 負) に帯電する。この電荷分布によって (ク) 方向に電場をつくる。キャリアがこの電場から受ける力とローレンツ力がつりあったところで、 $+y$ 方向に一定の電流が流れ続ける。このとき、 a は b より電位が (ケ) だけ (コ: 高く, 低く) なっている。ただし、電気素量を $e[C]$ とする。

次に、同じ大きさの n 型半導体を用いて同じ実験をする。このとき、キャリアは (サ) 方向に力を受けるので半導体の a 側が (シ: 正, 負) に、 b 側が (ス: 正, 負) に帯電する。このとき、 a は b より電位が (セ: 高く, 低く) なっている。



【チャレンジ問題】

16 次の文章を読み、各問いに答えよ。

d [m]離れて平行に置かれている幅 l [m]の2枚の極板には V [V]の電圧がかかっており、図中の下向きに一樣な電場が生じている。この極板中を質量 m [kg]で電気量 q [C]の電荷が点Aで極板と平行に速さ v [m/s]で入射した。この後、電荷の極板の中心から入射方向に L [m]離れて置かれた写真乾板上の点Pに当たった。ただし、入射方向と写真乾板の交点をOとし、写真乾板はAO対して垂直に置かれている。

- (1) 極板間に生じる電場の強さを求めよ。
- (2) 電荷が極板内を運動しているときの加速度を求めよ。
- (3) 極板の外に出たときの電荷の速度とAOのなす角を θ として、 $\tan\theta$ を求めよ。
- (4) OPの長さを求めよ。
- (5) 電荷を直進させるためには、磁束密度がいくらかの磁場をどの向きにかければよいか。

