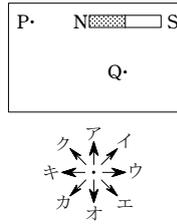


1 G磁石の周囲の磁場

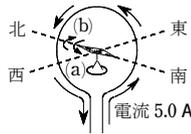
机上に図のように棒磁石が置かれている。地磁気の影響を考えないで、次の問いに、ア～クの記号で答えよ。

- (1) P 点の磁場の向きはどの向きか。
- (2) Q 点に小磁針を置くと、磁針の N 極はどの向きを向くか。



2 G円形電流のつくる磁場

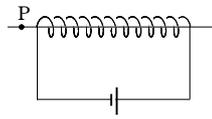
半径 0.50 m の円形導線を、南北方向を含む鉛直面内に置き、図の向きに 5.0 A の電流を流す。このとき、図の磁針は (a), (b) のどちら向きに振れるか。また、電流が円形導線の中心につくる磁場の強さはいくらか。



3 Gソレノイドの電流が作る磁場

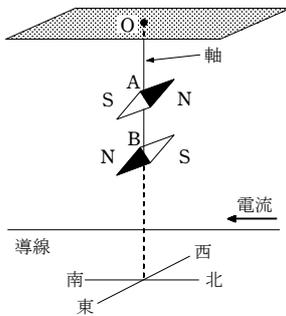
右図のような全体の巻き数が 200 回、長さ 20 cm、半径 5.0 cm のソレノイドに 0.10 A の電流を流した。

- (1) ソレノイドの左端付近の P 点では磁場はどちら向きか。
- (2) ソレノイドの内部の磁場の強さはいくらか。



4 14磁極が電流から受ける力 [2014 センター物理 I (2006~2015)]

図のように、同一の方位磁針 A, B を互いに間隔を離して磁極が反対になるように軸に垂直に固定し、点 O から鉛直につらした。軸は鉛直のまま点 O で回転できるようにした。このようにすると、地磁気のような一様な磁場が磁針の向きに与える影響を取り除くことができる。軸の鉛直下方に導線を南北方向に張り、導線に北から南向きに電流を流したところ、方位磁針はある方向を向いて止まった。このとき、方位磁針 B の N 極が示す向きとして最も適当なものを、下の ①～④ のうちから 1 つ選べ。ただし、磁針と導線との間隔は磁針の大きさに比べて十分大きいものとする。



- ① 東
- ② 西
- ③ 南
- ④ 北

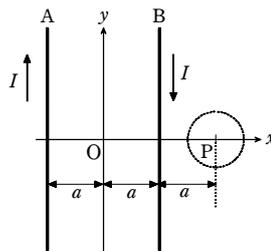
5 14直線電流と円電流が作る磁場 [2014 東北学院大]

図のように、xy 平面上に 2 本の直線導線 A, B が y 軸と平行に固定されている。導線 A, B は原点 O からそれぞれ a [m] 離れており、導線 A には y 軸の正の向きに、導線 B には y 軸の負の向きにそれぞれ電流 I [A] が流れている。導線は十分に長く、 $a > 0, I > 0$ とする。次の問いに答えよ。

- (1) 原点 O に発生する磁界 (磁場) の強さ [A/m] と向きの正しい組合せを選べ。

- ① $\frac{I}{\pi a}$, 紙面の表から裏向き
- ② $\frac{I}{\pi a}$, 紙面の裏から表向き
- ③ $\frac{I}{2\pi a}$, 紙面の表から裏向き
- ④ $\frac{I}{2\pi a}$, 紙面の裏から表向き
- ⑤ $\frac{I}{3\pi a}$, 紙面の表から裏向き
- ⑥ $\frac{I}{3\pi a}$, 紙面の裏から表向き

- (2) 点 P(2a, 0) に発生する磁界の強さ [A/m] と向きの正しい組合せを選べ。



- ① $\frac{I}{\pi a}$, 紙面の表から裏向き
- ② $\frac{I}{\pi a}$, 紙面の裏から表向き
- ③ $\frac{I}{2\pi a}$, 紙面の表から裏向き
- ④ $\frac{I}{2\pi a}$, 紙面の裏から表向き
- ⑤ $\frac{I}{3\pi a}$, 紙面の表から裏向き
- ⑥ $\frac{I}{3\pi a}$, 紙面の裏から表向き

- (3) 次に、点 P を中心に半径 $\frac{a}{2}$ [m] の 1 回巻き円形コイルを図のように置き、コイルに電流を流したところ、点 P に発生する磁界が 0 になった。コイルに流した電流の大きさ [A] と向きの正しい組合せを選べ。

- ① $\frac{I}{\pi}$, 図で時計回り
- ② $\frac{I}{\pi}$, 図で反時計回り
- ③ $\frac{I}{2\pi}$, 図で時計回り
- ④ $\frac{I}{2\pi}$, 図で反時計回り
- ⑤ $\frac{I}{3\pi}$, 図で時計回り
- ⑥ $\frac{I}{3\pi}$, 図で反時計回り

6 00直線電流と円電流のつくる磁場 [2000 東北学院大]

図 1 に示すように、十分長い導線を AB が直線、BCD が半径 r [m] の円、DE が直線になるように曲げた。ただし、導線は紙面内 (yz 面) にあるものとする。この導線に電流 I [A] を矢印の方向へ流した。ただし、BD 間のすき間は無視する。以下の問いに解答群から答えよ。

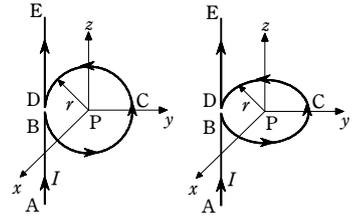


図 1

図 2

- (1) BCD を流れる円電流が作る磁界 (磁場) の強さは、円の中心点 P でいくらになるか。 [ア] [A/m]
- (2) AB および DE を流れる直線電流が作る磁界の強さは点 P でいくらになるか。 [イ] [A/m]
- (3) (1), (2) の結果から、点 P における磁界の強さを求めよ。 [ウ] [A/m]
- (4) 点 P における磁界の方向はどうなるか。 [エ]
- (5) 図 1 の円の部分をねじり、図 2 のように円の部分が、直線の部分と垂直な面 (xy 面) 内にくるようにする。このとき点 P における磁界の強さはいくらか。 [オ] [A/m]

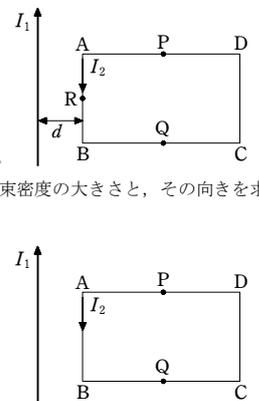
- [(ア)~(ウ), (オ)の解答群] (同じものを何回選んでもよい)
- ① $\frac{I}{2r} \left(1 + \frac{1}{\pi}\right)$
 - ② $\frac{I}{2r}$
 - ③ $\frac{I}{2\pi} \sqrt{1 + \frac{1}{r^2}}$
 - ④ $\frac{rI}{2\pi}$
 - ⑤ $\frac{I}{2\pi r^2}$
 - ⑥ $\frac{I}{2r} \sqrt{1 + \frac{1}{\pi^2}}$
 - ⑦ $\frac{I}{2r^2} \left(1 + \frac{1}{\pi}\right)$
 - ⑧ $\frac{I}{2\pi r}$
 - ⑨ $\frac{I}{2r} \left(1 - \frac{1}{\pi}\right)$
 - ⑩ $\frac{I}{2r} \sqrt{1 - \frac{1}{\pi}}$

[(エ)の解答群]

- ① +x 方向
- ② -x 方向
- ③ +y 方向
- ④ -y 方向
- ⑤ +z 方向
- ⑥ -z 方向

7 02直線電流がコイルに及ぼす力 [2002 高知女子大]

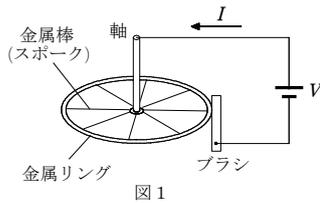
図のように、平面内に長い導線と長方形 ABCD のコイルが置かれている。導線に I_1 [A]、コイルには I_2 [A] の電流が図中の矢印の向きに流れている。辺 AB の長さを a [m]、辺 BC の長さを b [m]、導線と辺 AB は平行であり、その間隔を d [m] とする。空気の透磁率を μ_0 [N/A²] とし、次の問いに答えよ。



- (1) 辺 AB の中点 R において直線電流 I_1 のつくる磁束密度の大きさと、その向きを求めよ。
- (2) 直線電流 I_1 により、辺 AD の中点 P および辺 BC の中点 Q の受ける力の向きを右図中に示せ。
- (3) 辺 AB が直線電流 I_1 から受ける力の大きさを求めよ。また、力の向きを右図中に示せ。
- (4) 辺 CD が直線電流 I_1 から受ける力の大きさを求めよ。また、力の向きを右図中に示せ。
- (5) コイル ABCD が全体として受ける力 (合力) の大きさと向きを求めよ。

8]12モーター[2012 センター物理 I (2006~2015)]

図1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。



(1) 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①~⑥のうちから1つ選べ。 $I = \square$

- 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 $\frac{V}{N^2R}$

(2) 次の文章中の空欄 \square 、 \square 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1つ選べ。 \square

車輪を一樣な磁場中に置いたところ、図2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3の \square 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 \square 。

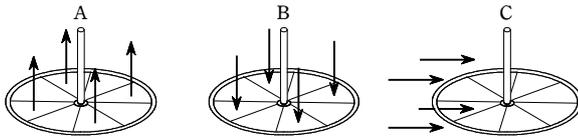
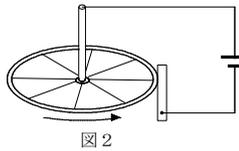


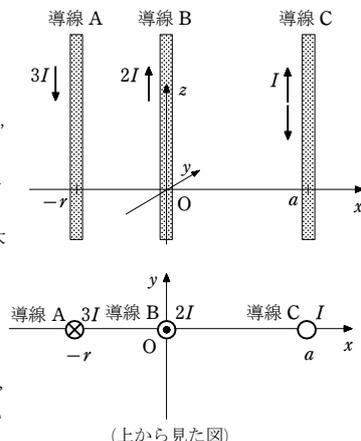
図3

	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

9]10直線電流がつくる磁場[2010 立命館大]

次の \square ~ \square に適切な数式を記入せよ。また、 \square ~ \square には指定された選択肢よりあてはまるものを1つ選べ。

図のように、右向きを正に x 軸ととり、3本の長い導線 A, B, C を xz 平面内で z 軸に平行(鉛直方向)に左から順に並べる。導線 A, B, C の x 座標はそれぞれ $-r, 0, a$ とする。導線 A と B はしっかりと固定されており、導線 C は z 軸と平行を保ったまま x 軸にそってなめらかに移動させることができる。導線 A には z 軸負の向きで大きさ $3I$ の電流、導線 B には z 軸正の向きで大きさ $2I$ の電流が流れている。導線 C には大きさ I の電流を流すことができ、その向きはスイッチによって切りかえられる。また、すべての導線は空気中に置かれており、空気の透磁率は μ とし、空気の抵抗は無視できるものとする。



(上から見た図)

(1) 導線 C に電流が流れていない状況を考える。導線 B を流れる電流が導線 C の位置につくる磁場の向きは \square で、その強さは $H_1 = \square$ である。同様に考えると、導線 A を流れる電流が導線 C の位置につくる磁場の向きは \square で、その強さは $H_2 = \square$ となる。導線 B を流れる電流と導線 A を流れる電流によって導線 C の位

置につくられる磁場の強さと磁束密度の大きさは、 H_1 と H_2 を用いて表すとそれぞれ \square 、 \square となる。ただし、 $|\square|$ は絶対値を表している。

(2) 導線 C に z 軸負の向きの電流を流し、導線 C にはたらく力について考える。以下では、 H_1 と H_2 を用いずに解答することとする。導線 C の長さ L の部分を受ける力の大きさは、 $\frac{1}{a(a+r)} \times \square$ となる。 $|\square|$ は絶対値を表している。 $a = \square$ ならば、導線 C に電流を流しても導線 C は静止したままである。

導線 C を $a = \square$ に置き、その位置からわずかに x 軸正の向きに移動させて静かにはなしたところ、導線 C は \square 。次に、導線 C を $a = \square$ からわずかに x 軸正の向きに移動させて、電流の向きを z 軸正の向きに変更し、導線 C を静かにはなした。このとき、導線 C は \square 。

\square 、 \square の選択肢

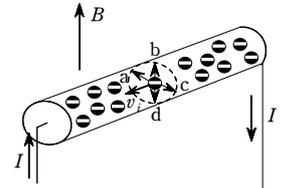
- ① x 軸正の向き ② x 軸負の向き ③ y 軸正の向き
- ④ y 軸負の向き ⑤ z 軸正の向き ⑥ z 軸負の向き

\square 、 \square の選択肢

- ① x 軸負の向きに移動し、やがて静止した ② 振動をはじめた
- ③ x 軸正の向きに移動し、やがて静止した ④ x 軸負の向きに移動し続けた
- ⑤ x 軸正の向きに移動し続けた ⑥ 静止したままであった

10]06ローレンツ力[2006 長崎大]

(1) 次の文章の \square に適当なことばまたは記号、数式を入れよ。ただし、(ウ)と(エ)に使用してよい記号は、 B, e, l, N, \vec{v} で、(オ)に使用してよい記号は、 B, e, I, l, N とする。



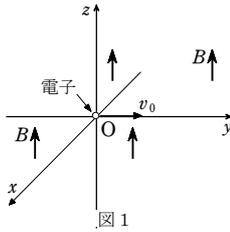
図のように、磁束密度 B の一樣な磁場に垂直に長さ l の導体棒を置き、電流を流す。導体棒内の自由電子(電荷 $-e$)の数を N とする。 N 個の自由電子は、それぞれさまざまな速度で運動しているが、そのうち i 番目の自由電子の速度は、図のように、大きさ v_i で矢印の向き(導体棒と平行)を向いていたとする。なお、図の b, d は磁束密度と平行な向き、 a, c は磁束密度と導体棒に垂直な向きを示す。ここで、その自由電子の受ける力は、図の \square の向きで、大きさは $ev_i B$ となる。このような力を \square という。導体棒が磁場から受ける力 \vec{F} は、導体棒内の N 個の自由電子すべての受ける力の和である。また、自由電子の平均速度は導体棒と平行で、その向きは電流の向きと反対である。したがって、自由電子の平均速度の大きさを \vec{v} とすると、力 \vec{F} の大きさは、 $F = \square$ と表すことができる。また、電流 I は、単位時間当たり導体棒の断面を通過する電気量であるので、単位長さ当たりの電子の数が $\frac{N}{l}$ であることを考慮すれば、 $I = \square$ となり、これを用いて、 $F = \square$ となる。

(2) 次に、導体棒を絶縁し、磁場と導体棒の両方に垂直な方向に動かす。導体棒が動きはじめると、導体棒内の自由電子が磁場から受ける力により、導体棒と平行に電子の移動が起こるが、導体棒の動く速さを一定にすると、電子の移動は止まる。なぜそのようになるのか簡単に説明せよ。

11 13ローレンツ力を受ける荷電粒子の運動 [2013 関西大]

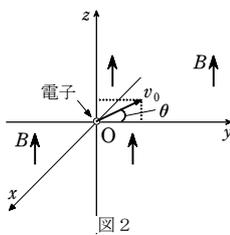
次の文の [ア]~[キ] に入れるのに最も適当なものを各問の文末の解答群から選べ。ただし、同じものを2回以上用いてもよい。

磁束密度の大きさ B の一様な磁場 (磁界) の中を運動する電子を考える。図1のように、 x, y, z 軸を設定し、磁場の向きを z 軸の正の向きに一致させる。時刻 $t=0$ に、電子が原点 O を一定の速さ v_0 で y 軸の正の向きに通過したとする。電子の電気量を $-e (e>0)$ 、質量を m とし、電子にはたらく重力は無視できるものとする。



時刻 $t=0$ に、電子が磁場から受けるローレンツ力の大きさは [ア] で、ローレンツ力の向きは [イ] である。この後、電子はローレンツ力を受け続けるため、 xy 平面内で等速円運動をする。この電子の等速円運動の半径を R とすると、 $R=[ウ]$ である。

次に、図2のように、時刻 $t=0$ に、電子が原点 O を一定の速さ v_0 で通過し、その速度ベクトルが yz 平面内で y 軸の正の向きから角 θ だけ z 軸の正の向きに傾いている場合を考える。



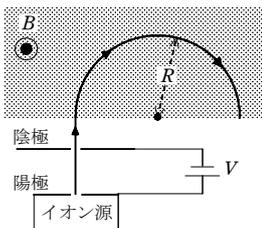
$t>0$ で、電子が初めて z 軸上を通過する時刻は $t=2\pi \times [エ]$ であり、そのとき通過する z 座標は $z=2\pi \times [オ]$ である。また、電子が z 軸から最も離れたときの x 座標と y 座標は $x=[カ]$ 、 $y=[キ]$ である。

[解答群]

- [1] 0 [2] emB [3] mv_0B [4] ev_0B [5] $\frac{m}{eB}$ [6] $\frac{m}{eB} \sin \theta$
 [7] $\frac{m}{eB} \cos \theta$ [8] $\frac{v_0}{eB}$ [9] $\frac{mv_0}{eB}$ [10] $\frac{mv_0}{eB} \sin \theta$ [11] $\frac{mv_0}{eB} \cos \theta$
 [12] $\frac{2mv_0}{eB} \sin \theta$ [13] $\frac{2mv_0}{eB} \cos \theta$ [14] $-\frac{mv_0}{eB}$ [15] $-\frac{mv_0}{eB} \sin \theta$
 [16] $-\frac{mv_0}{eB} \cos \theta$ [17] $-\frac{2mv_0}{eB} \sin \theta$ [18] $-\frac{2mv_0}{eB} \cos \theta$
 [19] x 軸の正の向き [20] y 軸の正の向き [21] z 軸の正の向き
 [22] x 軸の負の向き [23] y 軸の負の向き [24] z 軸の負の向き

12 17磁場中でのイオンの運動 [2017 センター物理 (2015~)]

図のように、イオン源で発生した質量 m 、電気量 $q (q>0)$ のイオンが、電圧 V の直流電源に接続された陽極と陰極間の電場 (電界) により、初速度 0 から加速された。イオンは、陰極の穴を速さ v で通過した後、磁束密度 B の一様な磁場 (磁界) 中で半径 R の半円軌道を描いた。ただし、装置はすべて真空中に置かれ、磁場は、図の網かけの領域で、紙面に垂直に裏から表の向きにかかっている。また、重力の影響は無視できるものとする。



(1) 陰極を通過するときの速さ v を表す式として正しいものを、次の ①~⑧ のうちから1つ選べ。 $v=[1]$

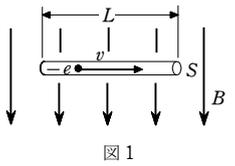
- ① $\frac{m}{qV}$ ② $\frac{m}{2qV}$ ③ $\frac{qV}{m}$ ④ $\frac{2qV}{m}$
 ⑤ $\sqrt{\frac{m}{qV}}$ ⑥ $\sqrt{\frac{m}{2qV}}$ ⑦ $\sqrt{\frac{qV}{m}}$ ⑧ $\sqrt{\frac{2qV}{m}}$

(2) 磁場中を運動するイオンの軌道の半径 R を表す式として正しいものを、次の ①~⑥ のうちから1つ選べ。 $R=[2]$

- ① $\frac{mv^2}{qB}$ ② $\frac{\pi mv}{qB}$ ③ $\frac{mv}{qB}$ ④ $\frac{qB}{mv^2}$ ⑤ $\frac{qB}{\pi mv}$ ⑥ $\frac{qB}{mv}$

13 07磁場が電流に及ぼす力 [2007 近畿大]

(1) 図1のように、磁束密度 B [T] の一様な磁場 (磁界) の中に、磁束密度と直交するように長さ L [m] の導線を入れる。導線の断面積は S [m²] である。



この導線の中を負の電荷 $-e$ [C] をもつ電子が平均の速さ v [m/s] で流れている。導線の単位体積当たりの電子の数は n [m⁻³] である。このとき1個の電子にはたらくローレンツ力の大きさは [ア] [N] である。この導線中には [イ] 個の電子があるから、この導線には磁場により大きさ [ウ] [N] の力がはたらく。一方、導線を通る電流は $I=[エ]$ [A] であるから、この力の大きさは I を用いて [オ] [N] と表される。

[ア] の解答群]

- ① evB ② $\frac{e}{vB}$ ③ $\frac{v}{eB}$ ④ $\frac{B}{ev}$ ⑤ $\frac{vB}{e}$ ⑥ $\frac{eB}{v}$
 ⑦ $\frac{ev}{B}$ ⑧ $\frac{1}{evB}$

[イ] の解答群]

- ① nS ② nL ③ nSL ④ nS^2L ⑤ nSL^2 ⑥ $\frac{n}{SL}$
 ⑦ $\frac{nS}{L}$ ⑧ $\frac{nL}{S}$

[ウ] の解答群]

- ① $\frac{evB}{nS}$ ② $\frac{evB}{nL}$ ③ $\frac{nev}{SLB}$ ④ $\frac{ev}{nSLB}$ ⑤ $\frac{eB}{nvSL}$
 ⑥ $evBnS$ ⑦ $evBnL$ ⑧ $evBnSL$

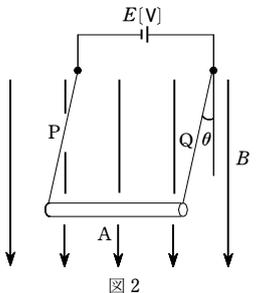
[エ] の解答群]

- ① $evnL$ ② $evnS$ ③ $evnSL$ ④ $evnS^2L$ ⑤ $evnSL^2$
 ⑥ $\frac{ev}{nSL}$ ⑦ $\frac{en}{vSL}$ ⑧ $\frac{ev}{nS}$

[オ] の解答群]

- ① IB ② IL ③ $IBSL$ ④ IBL ⑤ $\frac{IB}{L}$ ⑥ $\frac{IL}{B}$
 ⑦ $\frac{IS}{B}$ ⑧ $\frac{1}{IBSL}$

(2) 次に図2のような振り子を考える。振り子は、質量と抵抗が無視できる長さ l [m] の導線 P、Q と、長さ L [m]、質量 m [kg] で抵抗値 R [Ω] の導線 A からできている。導線 P、Q には、内部抵抗が無視できる起電力 E [V] の電池が接続されている。振り子全体は磁束密度 B [T] の鉛直下向きで一様な磁場の中にあり、振り子は鉛直方向から角度 θ だけ傾いてつりあっている。重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。



このとき導線 A に流れる電流は [カ] [A] で、磁場により A にはたらく力の水平方向の成分の大きさは [キ] [N] である。一方、導線 P、Q には互いに逆向きで大きさ [ク] [N] の力がはたらく。また、このときの角度 θ は $\tan \theta = [ケ]$ を満たす。ただし、力による導線の変形はないものとする。

[カ] の解答群]

- ① ER ② $\frac{R}{E}$ ③ $\frac{E}{R}$ ④ $\frac{1}{ER}$
 ⑤ ELR ⑥ $\frac{EL}{R}$ ⑦ $\frac{E}{LR}$ ⑧ $\frac{1}{ELR}$

[キ] の解答群]

- ① $\frac{EB}{LR}$ ② $\frac{EL}{BR}$ ③ $\frac{BL}{ER}$ ④ $\frac{ER}{BL}$
 ⑤ $\frac{BLR}{E}$ ⑥ $\frac{EBR}{L}$ ⑦ $\frac{ELR}{B}$ ⑧ $\frac{EBL}{R}$

[ク] の解答群]

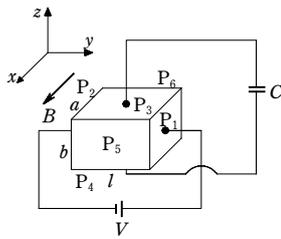
- ① $\frac{EB}{lR} \sin \theta$ ② $\frac{El}{BR} \sin \theta$ ③ $\frac{Bl}{ER} \sin \theta$ ④ $\frac{Bl}{ER} \cos \theta$
 ⑤ $\frac{EBl}{R} \sin \theta$ ⑥ $\frac{BlR}{E} \sin \theta$ ⑦ $\frac{BlR}{E} \cos \theta$ ⑧ $\frac{ElR}{B} \cos \theta$

[ケ] の解答群]

- ① $\frac{EBL}{mgR}$ ② $\frac{EBR}{mgL}$ ③ $\frac{ELR}{mgB}$ ④ $\frac{BLR}{mgE}$
 ⑤ $\frac{EBLR}{mg}$ ⑥ $\frac{mgBL}{ER}$ ⑦ $\frac{mgER}{BL}$ ⑧ $\frac{mgEBL}{R}$

[14]07ホール効果[2007 香川大]

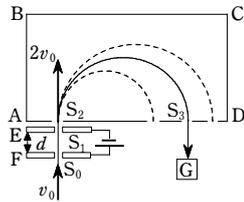
図のように、3辺の長さがそれぞれ a, b, l の直方体の導体がある。 $P_1 \sim P_6$ は直方体の6つの面を表している。向きあつた面 P_1 と P_2 は、導線で起電力 V の電池につながれ、上面 P_3 と下面 P_4 の間には電気容量 C のコンデンサーがつながれている。ただし、電池の内部抵抗は無視する。直方体の辺にそつて、 x, y, z 軸を図のようにとることとする。また、導体には x 軸の正の向きに様な磁束密度 B の磁場が加えられている。電子の電荷を $-e$ として、次の問いに答えよ。向きについての問いには、「 x 軸の正の向き」あるいは「 y 軸の負の向き」のように、軸の名称と正負を記述せよ。



- 導体中の y 軸方向の電場の向きと強さ E を求めよ。
- 導体中の y 軸にそつた方向の電子の平均の速さを v とするとき、電子が磁場から受けるローレンツ力の向きと大きさ F を求めよ。
- コンデンサーの上側の極板に蓄えられる電荷の正負を答えよ。
- 導体の上面 P_3 と下面 P_4 の間に生じる電位差を V_2 とすると、これらの面間に生じる電場が電子に作用する力の大きさ f を求めよ。
- これらのことから、導体中の電子の平均の速さ v を B, V_2 を含む式で表せ。
- 磁場の向きが x 軸の向きから少し傾いたため、手前の面 P_5 が向こう側の面 P_6 より電位が高くなった。磁場は x 軸の正の向きから、どちら向きに傾いたか。次の①～④のうち正しいものを記号で答えよ。
 - y 軸の正の向き
 - y 軸の負の向き
 - z 軸の正の向き
 - z 軸の負の向き
- 磁場の向きをもとにもどした後、磁束密度 B を強くすると、コンデンサーに蓄えられる電荷は、増加するか、減少するか。
- 磁束密度 B の増加に伴い、コンデンサーに蓄えられる静電エネルギー W は、どのように変化するか。その関係を表すグラフを模式的にかけ。

[15]02質量分析器[2002 東北学院大]

簡単な質量分析器(ローレンツ力を利用してイオン等の質量を測定する装置)を考える。図において領域 $ABCD$ には磁束密度 B_0 の一様な磁場が加わっており、また間隔 d の平行板電極 EF には電場 E_0 が加わっている。 S_0, S_1, S_2, S_3 はスリットであり G は粒子を検出する検出器である。いま、 S_0 から速度 v_0 で入射した質量 m 、電荷 q の陽イオンが電極 EF で加速されて S_1 を通り S_2 から速度 $2v_0$ で磁場中に入射し、紙面に平行な面内で半円軌道を描いて S_3 を通過して検出器 G で検出された。以下の問いに答えよ。

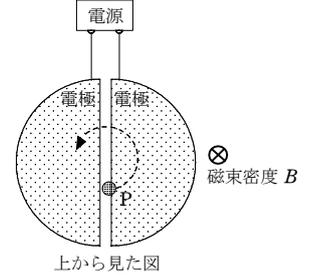
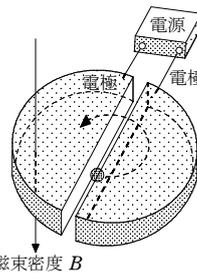


- 領域 $ABCD$ の磁場の向きは紙面に対してどちら向きか。
 - 紙面に平行に、右から左
 - 紙面に平行に、左から右
 - 紙面に垂直に、表から裏
 - 紙面に垂直に、裏から表
 - 紙面に平行に、上から下
 - 紙面に平行に、下から上
- 陽イオンの半円軌道の直径はいくらか。
 - $\frac{mv_0}{qB_0}$
 - $\frac{2mv_0}{qB_0}$
 - $\frac{4mv_0}{qB_0}$
 - $\frac{qB_0}{mv_0}$
 - $\frac{qB_0}{2mv_0}$
- 電極 EF の間隔 d はいくらか。
 - $\frac{mv_0^2}{2qE_0}$
 - $\frac{3mv_0^2}{2qE_0}$
 - $\frac{mv_0^2}{qE_0}$
 - $\frac{2mv_0^2}{qE_0}$
 - $\frac{3mv_0^2}{qE_0}$
- さらに、エネルギーと電荷が等しく、質量が $2m$ の陽イオンを S_0 から入射させた。この粒子が S_2 から磁場中に入射するときの速度の大きさはいくらか。
 - $4v_0$
 - $2v_0$
 - $\frac{1}{2}v_0$
 - $\sqrt{2}v_0$
 - $\frac{1}{\sqrt{2}}v_0$
- この陽イオンを検出器 G で検出したい。検出するためには検出器を最初の位置からどれだけ移動させればよいか。
 - $\frac{mv_0}{qB_0}(2\sqrt{2}-1)$
 - $\frac{2mv_0}{qB_0}(2\sqrt{2}-1)$
 - $\frac{4mv_0}{qB_0}(2\sqrt{2}-1)$
 - $\frac{2mv_0}{qB_0}(\sqrt{2}-1)$
 - $\frac{4mv_0}{qB_0}(\sqrt{2}-1)$

[16]15サイクロトロン[2015 センター物理(2015～)]

図のように、真空中で荷電粒子(イオン)を加速する円型の装置を考える。この装置には内部が中空で半円型の2つの電極が水平に向かい合わせて設置され、それらの間に電圧を加えることができる。全体に一樣で一定な磁束密度 B の磁場が鉛直下向きにかかっている。

質量 m 、正の電気量 q をもつ粒子が、点 P から入射され、中空電極内では磁場による力のみを受けて円運動を行い、半周ごとに電極間を通過する。電極間の電場の向きは粒子が半周するたびに反転して、電極間を通過する粒子は、大きさ V の電圧で常に加速されるものとする。



- 運動エネルギー E_0 をもつ粒子が電極内に入射し、電極間を n 回通過した。粒子のもつ運動エネルギーを表す式として正しいものを、次の①～⑥のうちから1つ選べ。

1

- $nqV + E_0$
- $\frac{nV}{q} + E_0$
- $nqV^2 + E_0$
- $\frac{nV^2}{q} + E_0$
- $\frac{1}{2}nqV^2 + E_0$
- $\frac{1}{2}\frac{nV^2}{q} + E_0$

- 粒子が電極間を n 回通過した後の運動エネルギーを E_n とする。そのときの速さ v と円運動の半径 r を表す式の組合せとして正しいものを、次の①～⑥のうちから1つ選べ。

2

	速さ v	円運動の半径 r
①	$\sqrt{\frac{2E_n}{m}}$	$\frac{mv}{qB}$
②	$\sqrt{\frac{2E_n}{m}}$	$\frac{mB}{qv}$
③	$\sqrt{\frac{2E_n}{m}}$	$\frac{qvB}{m}$
④	$\frac{E_n}{m}$	$\frac{mv}{qB}$
⑤	$\frac{E_n}{m}$	$\frac{mB}{qv}$
⑥	$\frac{E_n}{m}$	$\frac{qvB}{m}$

[17]02電磁誘導[2002 センター物理 I A(1997～2006)]

コイルに電流を流すと、そのまわりに [1] ができ、その強さはコイルを流れる電流が大きいほど強い。一方、コイルを [1] の中に置き、その [1] を時間とともに変化させると、コイルに電圧が生じ電流が流れる。この現象を [2] という。また、鉄などの金属の中を電流が流れると熱が発生することはよく知られている。

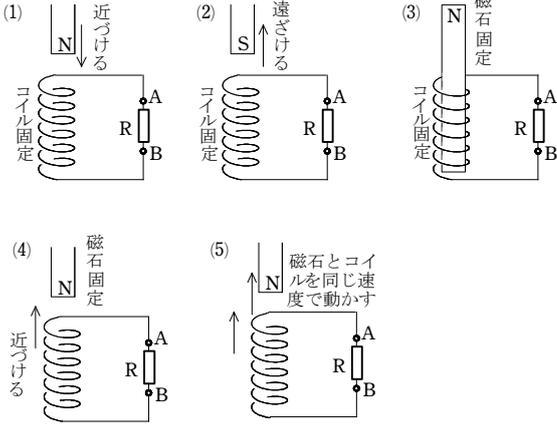
電磁調理器(IH調理器ともいう)は、上の3つの現象を利用した調理器である。鉄やステンレスでできた底の平らな鍋をこの調理器の上ののせて、調理器の内部にあるコイルに [3] を流す。[3] は時間とともに大きさが変化するので、時間とともに変化する [1] がコイルのまわりに生じ、それは調理器に接している鍋の鉄材の内部にもおよぶ。そうすると、[2] によって、鍋の鉄材の内部に電流が流れ、熱が発生する。このようにして鍋を加熱するのが電磁調理器である。

上の文章中の空欄 [1]～[3] に入れるのに最も適当なものを、次の①～⑥のうちから1つずつ選べ。

- 電荷
- 磁界(磁場)
- 電位差
- オームの法則
- 電磁誘導
- 超伝導
- 直流電流
- 交流電流

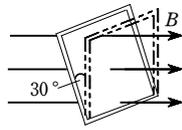
18 G誘導電流

下の図(1)~(5)のようにコイルや磁石を動かした場合、抵抗 R を流れる電流の向きを(ア) A から B、(イ) B から A、(ウ) 流れない)のうちから1つずつ選べ。



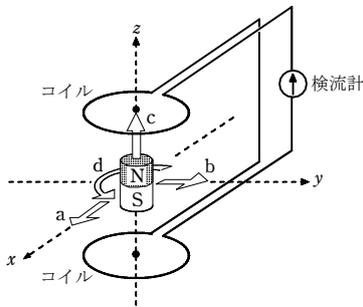
19 Tコイルを貫く磁束②

1辺が0.10 mの正方形コイルを磁束密度0.20 Wb/m²の磁場内に、図のようにコイル面を磁場に垂直な面に対して30°傾けるように置く。コイルを貫く磁束はいくらか。



20 14電磁誘導[2014 センター物理 I (2006~2015)]

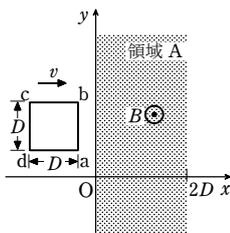
図のように、同じ大きさの2つの円形コイルをxy平面に平行に固定し、検流計を接続した。これらのコイルの中心はz軸上で、原点から等間隔の位置にある。円柱状の棒磁石を図のようにz軸と平行に原点に置いた。棒磁石をz軸と平行にしたまま、図の太い矢印a~dのようにわずかに動かしたり回転させたりしたところ、1つの場合だけ検流計の針が大きく振れた。それはどの場合か。最も適当なものを、下の①~④のうちから1つ選べ。ただし、磁場がコイル以外の回路に及ぼす影響は無視できるものとする。



- ① aの向きに動かす ② bの向きに動かす
- ③ cの向きに動かす ④ dのように磁石の軸のまわりに回転させる

21 15回路に生じる誘起起電力[2015 甲南大]

図のようにxy平面内に0 ≤ x ≤ 2Dの領域Aがあり、この領域を一樣な磁束密度の大きさBの磁場が紙面裏から表に向かって垂直に貫いている。磁場の向きをz軸の正の向きとする。この領域Aを、xy平面上にある正方形のコイルabcdがx軸の正の向きに一定の速さvで横切る。正方形のコイルの1辺の長さはDで、辺abはy軸に平行である。コイルの抵抗はRであり、自己誘導はないものとして、次の問いに答えよ。



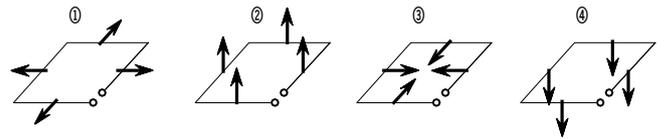
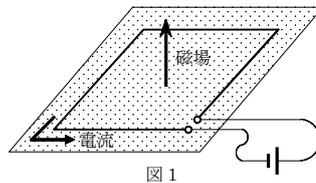
- (1) 時刻 t=0 にコイルの辺 ab が x=0 にあるとする。コイルの辺 cd が領域 A に入る時刻を t₁、辺 ab が領域 A を抜ける時刻を t₂、辺 cd が領域 A を抜ける時刻を t₃ とする。t₁、t₂、t₃ を求めよ。
- (2) コイル全体が領域 A に入っているとき、コイルを貫く磁束の大きさを求めよ。
- (3) 0 ≤ t ≤ t₁ でコイルを貫く磁束の大きさを t を用いて表せ。
- (4) 0 ≤ t ≤ t₃ でコイルを貫く磁束の大きさについて、その概略を t の関数としてグラフにかけ。

- (5) 0 ≤ t ≤ t₁ でコイルに発生する起電力の大きさを求めよ。
 - (6) 0 ≤ t ≤ t₁ でコイルに流れる電流 I₁ を求めよ。また t₁ ≤ t ≤ t₂ でコイルに流れる電流 I₂ を書け。ただし、図の a → b → c → d の向きに流れる電流を正とする。
 - (7) 0 ≤ t ≤ t₃ でコイルに流れる電流の概略を t の関数としてグラフにかけ。
 - (8) 0 ≤ t ≤ t₁ で辺 ab にはたらく力の大きさと向きを書け。向きは下の解答群から選べ。
- 解答群**
- x 軸の正の向き y 軸の正の向き z 軸の正の向き
 x 軸の負の向き y 軸の負の向き z 軸の負の向き
- (9) 時刻 t=0 から t=t₃ の間、コイルを一定の速さ v で動かし続けるために外力がする仕事を求めよ。
 - (10) 時刻 t=0 から t=t₃ の間にコイルで発生したジュール熱を求めよ。

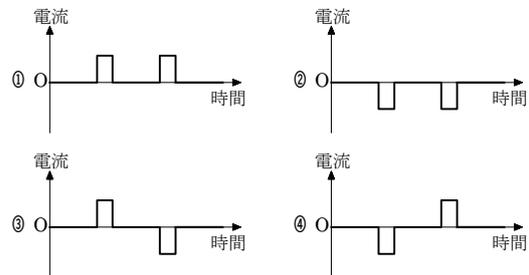
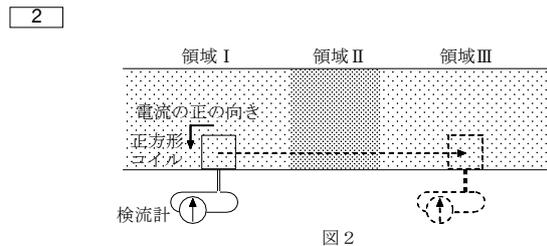
22 12電磁誘導[2012 センター物理 I (2006~2015)]

電流が磁場から受ける力と電磁誘導について考える。

- (1) 図1のように、水平に置かれた正方形のコイルに、鉛直上向きの一様な磁場がかかっている。コイルには図1に示した向きに電流が流れている。コイルの各辺が磁場から受ける力の向きを表す図として最も適当なものを、下の①~④のうちから1つ選べ。

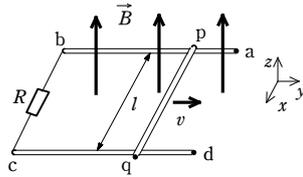


- (2) 図2のように、検流計をつないだ正方形のコイルを、領域Iから領域IIIまで右向きに一定の速さで動かした。領域I、II、IIIには、紙面に垂直に裏から表に向かって磁場がかかっており、それぞれの領域で一様である。領域Iと領域IIIの磁場の大きさは同じであり、領域IIの磁場の大きさは領域I、IIIに比べて大きい。コイルに流れる電流を時間の関数として表したグラフとして最も適当なものを、下の①~④のうちから1つ選べ。ただし、図2の実線の矢印で示される向きを、電流の正の向きとする。



23 96磁場中を運動する導線 [1996 東洋大]

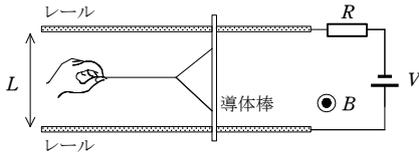
図のように、 z 方向の一様な磁束密度 B [Wb/m²] の静磁界(磁場)の中に、2本の真つすぐでなめらかな導線 ab と cd を xy 面内で y 軸に平行に距離 l [m] を隔てて置いた。そして、これら導線の一両端 b と c の間に抵抗 R [Ω] を接続した。次に、別の導線 pq を導線 ab および cd と電気的に接触させ、これらと直交を保ちながら、 y 軸の正の方向に一定の速度 v [m/s] で移動させた。ただし、すべての導線の抵抗は無視できるものとし、図中の x, y, z 方向を正の向きとする。



- 次の各問の答えをそれぞれの解答群の中から1つずつ選べ。
- 導線 pq に生じる誘導起電力の大きさはいくらか。
 ① vB ② vl ③ Bl ④ vBl ⑤ v^2Bl ⑥ vB^2l
 - この起電力によって回路 $pqcbp$ に流れる電流 I [A] はいくらか。
 ① vBl ② v^2Bl ③ vB^2l ④ $\frac{vBl}{R}$ ⑤ $\frac{v^2Bl}{R}$ ⑥ $\frac{vB^2l}{R}$
 - 導線 pq が磁界から受ける力 F [N] はいくらか。
 ① $\frac{vBl}{R}$ ② $\frac{vB^2l}{R}$ ③ $\frac{vBl^2}{R}$ ④ $\frac{v^2B^2l}{R}$ ⑤ $\frac{vB^2l^2}{R}$
 ⑥ $\frac{v^2B^2l^2}{R}$
 - 導線 pq にはたらく外力のする仕事率 P [W] はいくらか。
 ① $\frac{vBl}{R}$ ② $\frac{v^2Bl}{R}$ ③ $\frac{vB^2l}{R}$ ④ $\frac{v^2B^2l}{R}$ ⑤ $\frac{vB^2l^2}{R}$
 ⑥ $\frac{v^2B^2l^2}{R}$
 - 仕事率 P [W] は電流 I [A] を用いて表すといくらか。
 ① IR ② I^2R ③ IR^2 ④ I^2R^2 ⑤ I^2RB ⑥ IR^2B
 - 力 F はどの方向にはたらくか。
 ① x ② $-x$ ③ y ④ $-y$ ⑤ z ⑥ $-z$

24 16誘導起電力とエネルギー [2016 センター物理 (2015～)]

図のように、水平な床の上に2本のなめらかな金属レールが間隔 L で平行に設置され、レールに垂直に導体棒が置かれている。レールには電圧 V の直流電源、および抵抗値 R の抵抗が接続され、全体に磁束密度 B の一様な磁場が鉛直上向きに加えられている。また、導体棒は手から、レールに平行な大きさ F の力を受けている。ただし、レールと導体棒およびその間の電気抵抗は無視できるものとする。



- 導体棒が静止しているとき、 F を表す式として正しいものを、次の①～⑥のうちから1つ選べ。 $F = \boxed{1}$
 ① VRB ② $VRBL$ ③ $\frac{VRB}{L}$
 ④ $\frac{VB}{R}$ ⑤ $\frac{VBL}{R}$ ⑥ $\frac{VB}{LR}$
 ⑦ 0
- 力の大きさ F を変えて、導体棒を左向きに一定の速さ v で運動させた。このとき、導体棒に流れる電流 I を表す式として正しいものを、次の①～⑥のうちから1つ選べ。 $I = \boxed{2}$
 ① vBL ② $(V - vBL)R$ ③ $\frac{V - vBL}{R}$
 ④ $\frac{vBL}{R}$ ⑤ $(V + vBL)R$ ⑥ $\frac{V + vBL}{R}$
- (2) のとき、抵抗で消費される電力 P を表す式として正しいものを、次の①～⑥のうちから1つ選べ。 $P = \boxed{3}$
 ① 0 ② IV ③ Fv
 ④ $IV + Fv$ ⑤ $IV - Fv$

25 G自己誘導起電力

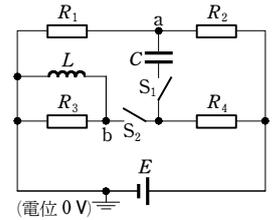
コイルを流れる電流が1秒間に $\boxed{ア}$ の割合で変化するとき生じる誘導起電力が1Vのとき、そのコイルのインダクタンスを1 $\boxed{イ}$ という。いま、コイルの自己インダクタンスを L 、電流の時間変化率を $\frac{dI}{dt}$ とするとき、誘導起電力 V は $V = -\boxed{ウ}$ と表される。

26 G自己インダクタンス

コイルに流した電流を0.020秒間に0.15Aから0.10Aに変化させたら、コイルに75Vの誘導起電力が発生したという。コイルの自己インダクタンスはいくらか。

27 14コイルを含む直流回路 [2014 福井大]

図に示すような、 R_1 [Ω], R_2 [Ω], R_3 [Ω], R_4 [Ω] の抵抗、電気容量 C [F] のコンデンサー、自己インダクタンス L [H] のコイル、スイッチ S_1, S_2 および起電力 E [V] の電池からなる回路がある。なお、電池の負極は接地されその電位は0Vである。最初、 S_1, S_2 が両方とも開いている状態を考える。そのとき、コンデンサーには電荷が蓄えられておらず、コイルには電流が流れていないものとして、次の問いに答えよ。ただし、配線やコイルの抵抗、電池の内部抵抗は無視できるものとする。

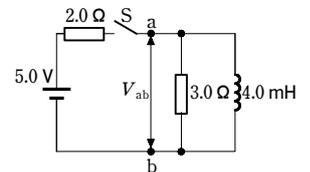


- 図中の点 a を流れる電流を、電気量 $-e$ [C] を有する自由電子の移動として考える。ここで e は電気素量である。このとき、点 a を1秒当たり通過する自由電子の個数 N を R_1, R_2, E, e を用いて表せ。
- 抵抗値 R_1 [Ω] の抵抗で消費される電力がすべてジュール熱に変わるものとする。この抵抗が1分間に発生する熱量 U_1 [J] を R_1, R_2, E を用いて表せ。
- S_2 は開いたままで S_1 を閉じた。 S_1 を閉じた直後の点 a における電位 V_a [V] を R_1, R_2, R_4, E を用いて表せ。
- S_1 を閉じて十分な時間が経過し、点 a の電位が一定になった。このとき、コンデンサーに蓄えられている電気量 Q [C] を R_1, R_2, C, E を用いて表せ。
- (4) の状態から S_1 を開き、続いて S_2 を閉じた。その後十分な時間が経過し、コイルに流れる電流が一定値になった。このとき、コイルに蓄えられているエネルギー U_2 [J] を R_4, L, E を用いて表せ。
- (5) の状態において、電池が供給している電力 P [W] を R_1, R_2, R_4, E を用いて表せ。
- (5) の状態から S_2 を開いた。 S_2 を開いた直後の点 b における電位 V_b [V] を R_3, R_4, E を用いて表せ。

28 15コイルを含む直流回路 [2015 大分大]

電気回路に関する次の問いに答えよ。ただし、点 ab 間の電圧を V_{ab} とする。

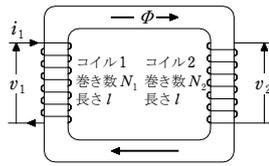
抵抗値がそれぞれ、 $2.0\Omega, 3.0\Omega$ の2つの抵抗、自己インダクタンスが 4.0mH のコイル、起電力が 5.0V の電池、およびスイッチ S が図のように接続されている。



- S を開いた状態で十分時間がたった後、 S を閉じた。
- S を閉じた直後の V_{ab} を求めよ。
 - S を閉じた後、十分時間がたった後の V_{ab} を求めよ。
 S を閉じた状態で十分時間がたった後、 S を開いた。
 - S を開いた直後の V_{ab} を求めよ。
 - S を開いた後、十分時間がたった後の V_{ab} を求めよ。

29)05相互誘導 [2005 南山大]

断面積 S 、透磁率 μ の環状の鉄しんにコイル 1 (巻き数 N_1 、長さ l)、コイル 2 (巻き数 N_2 、長さ l) が巻きつけてある。コイル 1 の自己インダクタンスは L_1 、コイル 1 とコイル 2 の相互インダクタンスは M である。コイル 1 には電流 i_1 が流れており、磁束 Φ を発生させている。またコイル 2 には何も接続されていない。電流 i_1 が時間 dt の間に di_1 だけ変化したところ、自己誘導によりコイル 1 には誘導起電力 $v_1 = -L_1 \frac{di_1}{dt}$ が発生する。ここで磁束 Φ は鉄しんの外にもれないとすると、誘導起電力 v_1 は電流 di_1 による磁束の変化 $d\Phi$ により $v_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt}$ となるので、 $L_1 =$ [ア] となる。



また磁束 Φ は鉄しんの外にもれずにすべてコイル 2 を貫くとすると、コイル 2 に生じる誘導起電力 v_2 は、 $v_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt} = -M \frac{di_1}{dt}$ となるので、 $M =$ [イ] となる。

なお、このようなコイル間の相互誘導を利用する装置を [ウ] とよぶ。

[ア] の選択肢

- ① $\mu \frac{N_1}{l} S$ ② $\mu \frac{N_1^2}{l} S$ ③ $\mu \frac{N_1}{l^2} S$ ④ $\mu N_1 S$

[イ] の選択肢

- ① $\mu \frac{N_1 N_2}{l} S$ ② $\mu \frac{N_1 N_2}{l^2} S$ ③ $\mu N_1 N_2 S$ ④ $\mu N_1 N_2 l S$

[ウ] の選択肢

- ① 整流器 ② 発振器 ③ 変圧器 ④ 検波器

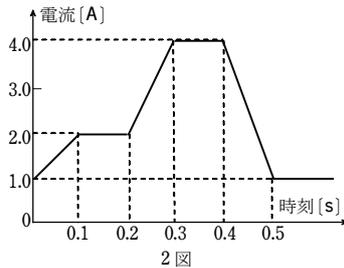
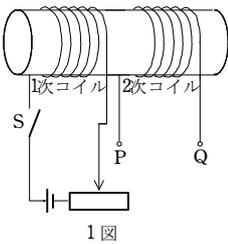
30)T変圧器

一次コイルと二次コイルの巻き数の比が 20 : 500 の変圧器がある。一次側に実効値 10 V の交流電圧を加えると二次側の電圧の実効値はいくらか。

31)G相互インダクタンス

1 図のように、鉄しんにコイルを巻いた装置がある。

- (1) 1 次コイルのスイッチ S を入れたとき、2 次コイルに発生する誘導起電力による電位は、P、Q どちらが高いか。
- (2) 1 次コイルに 3.0 A の電流が流れていた。この電流を 0.10 秒間に一定の割合で 1.0 A に変化させたら、2 次コイルの PQ 間に 4.0 V の誘導起電力が生じた。2 つのコイルの間の相互インダクタンスはいくらか。
- (3) 1 次コイルに流れる電流を 2 図のように変化させた。PQ 間に発生する誘導起電力の大きさが最大となるのは何秒から何秒の間か。また、その大きさは何 V か。



32)10変圧器 [2010 センター物理 I (2006~2015)]

家庭で使われる交流の電気は、発電所からの電気を変圧器(トランス)で何段階か電圧を変えて送られている。このしくみと理由について考える。

- (1) 変圧器の 1 次コイルに 6600 V の交流電圧を加えたとき、2 次コイルには 100 V の交流電圧が生じた。1 次コイルと 2 次コイルの巻き数の比はいくらか。最も適当なものを、次の ①~⑦ のうちから 1 つ選べ。

1 次コイルの巻き数 : 2 次コイルの巻き数 = [1]

- ① 1 : 4400 ② 1 : 66 ③ 1 : 8.1 ④ 1 : 1 ⑤ 8.1 : 1
- ⑥ 66 : 1 ⑦ 4400 : 1

- (2) 次の文章中の空欄 [2]、[3] に入る最も適当な数値を、下の ①~⑦ のうちから 1 つずつ選べ。ただし、同じものを繰り返し選んでもよい。 [2] [3]

発電所で発電された交流の電気は、変圧器により電圧を高くして、送電線を通して送られる。発電所から同じ電力を送るとき、送電線に送り出す電圧(送電電圧)を 10

倍にすると、送電線を通る電流は [2] 倍になる。この結果、送電線の抵抗によって熱として失われる電力は、[3] 倍になる。ただし、送電線の抵抗は変化しないものとする。

- ① $\frac{1}{100}$ ② $\frac{1}{10}$ ③ $\frac{1}{\sqrt{10}}$ ④ 1 ⑤ $\sqrt{10}$ ⑥ 10 ⑦ 100

33)G電磁波の性質

電流が変化すると周囲の [ア] が変化し、その影響で [イ] も変化する。このように両者が誘導しあって進む波が電磁波である。電磁波は、その波長によって様々な名前によってよばれる。波長が長い方から順に、電波・[ウ]・可視光線・[エ]・X 線・γ 線である。

[ウ] は物質に対して熱作用が著しく熱線ともよばれる。[エ] は殺菌作用や日焼けなどの化学作用が強く化学線ともよばれる。電磁波は [ア] と [イ] の振動方向が波の進行方向と垂直な [オ] であり、波動の特性である反射・[カ]・回折・干渉の現象を示す。

34)Gコンデンサーに流れる電流と電圧の位相

次の文の [] を埋めよ。

電気容量が C のコンデンサーに、交流電圧 $V = V_0 \sin \omega t$ を加えると、コンデンサーは充電・放電をくり返すため、回路に電流が流れる。コンデンサーのリアクタンスは [ア] で、電流は電圧より [イ] だけ位相が [ウ] ので、コンデンサーに流れる電流 I は $I =$ [エ] \sin [オ] となる。

35)Gコイルに流れる電流と電圧の位相

次の文の [] を埋めよ。

自己インダクタンスが L のコイルに、交流電圧 $V = V_0 \sin \omega t$ を加える。コイルのリアクタンスは [ア] で、電流は電圧より [イ] だけ位相が [ウ] ので、コイルに流れる電流 I は $I =$ [エ] \sin [オ] となる。

36)16交流の発生 [2016 福島大]

図 1 に示すように、磁束密度が B [T] の一様な磁場の中に、1 本の導線を折り曲げた 1 辺が a [m] および b [m] である長方形のコイル(アイウエ)がある。 a と b の和は一定である。コイルには、スイッチ K を通じて R [Ω] の負荷抵抗が接続されている。このコイルを軸 $l-l'$ のまわりで図の矢印の向きに一定の角速度 ω [rad/s] で回転させた。軸の l 側から見たコイルの位置を図 2 に示す。 $k-k'$ は、コイル辺(アエ)と回転軸との交点を通り、回転軸と磁場の双方に垂直な直線である。 θ [rad] は、コイル辺(アエ)と $k-k'$ とのなす角度である。 K が開いているときに、 K のコイル側に発生する交流の電圧を e [V]、コイルの抵抗を r [Ω] とし、次の問に答えよ。 $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ とする。

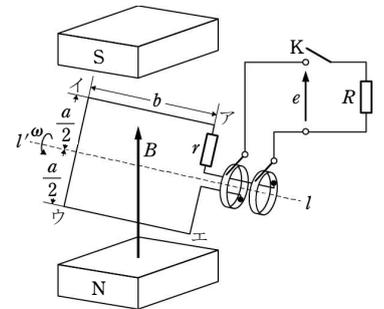


図 1

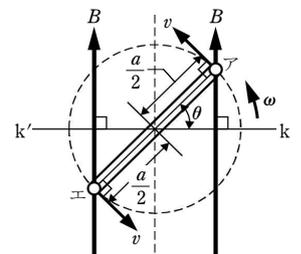
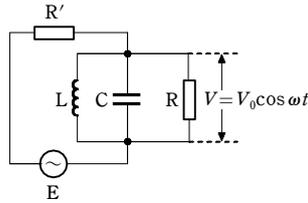


図 2

- (1) 初め、スイッチ K は開いている。
 - (a) 円運動するコイル辺(アイ)の速さ v [m/s] を求めよ。
 - (b) v の B に垂直な成分の大きさ v_s [m/s] を求めよ。
 - (c) t を時刻 [s] とし、交流の電圧が $e = E_m \cdot \sin \omega t$ で与えられるとき、 E_m を求めよ。
 - (d) e の周期 T [s] を求めよ。
 - (e) e の振幅が最大となるコイル辺 a と b の比を求めよ。
- (2) 次に、スイッチ K を閉じた。
 - (a) 負荷抵抗で消費する電力 p [W] を求めよ。
 - (b) 横軸を t とし、 p の概略図をかけ。
 - (c) p の平均値 P [W] を求めよ。

37) 14交流回路[2014 大阪市立大]

図のように、抵抗値が R [Ω] の抵抗 R 、電気容量が C [F] のコンデンサー C 、抵抗が無視でき、自己インダクタンスが L [H] のコイル L 、抵抗値が R' [Ω] の抵抗 R' が、周波数を変えることができる交流電源 E に接続されている。 L 、 C 、 R に加わる電圧 V [V] が、時刻 t [s] の関数として $V = V_0 \cos \omega t$ で表せるとする。ただし、 V_0 [V] は交流電圧の最大値、



ω [rad/s] は交流の角周波数である。次の問いに答えよ。

- (1) R で消費される電力の最大値と最小値を求めよ。
- (2) R において交流の1周期の間に消費される電力量を求めよ。
- (3) 交流電源の周波数を変えたところ、ある周波数で R と R' に流れている電流が同じ値になった。このときの周波数を求めよ。ただし、 L と C のリアクタンスはそれぞれ ωL 、 $\frac{1}{\omega C}$ である。

以下、交流電源の周波数を (3) で求めた値に固定する。

- (4) E の交流電圧の最大値を E_0 [V] とするとき、 V_0 を E_0 、 R 、 R' を用いて表せ。
- (5) E_0 を一定にして、抵抗 R を、別の抵抗値をもついろいろな抵抗に取りかえることを考える。このとき、この抵抗で消費される電力の時間平均を最大にする抵抗値を求めよ。

38) G共振

次の文の を適切な語で埋めよ。

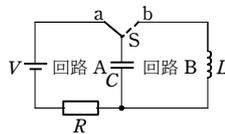
コイルとコンデンサーを図のように接続した回路を という。コンデンサーを充電した後、スイッチ S を閉じると回路に が流れる。この現象を という。



次に、この回路のスイッチの部分に交流電源を接続し、回路の と等しい周波数にすると、回路には大きな電流が流れる。この現象を といい、ラジオやテレビで周波数を選ぶ回路に利用されている。

39) 93電気振動[1993 福岡大]

図のように、電圧 V の電池、抵抗値 R の抵抗、電気容量 C のコンデンサー、自己インダクタンス L のコイル、および切り替えスイッチ S を接続した回路がある。次の文中の 内に入れるのに適当なものを解答群からひとつ選べ。



[A] はじめにスイッチを a の側に入れた。回路 A に

電流 I が流れ始めるとコンデンサーに電荷がたまっていき、コンデンサーの両端の電圧がしだいに増加するので、抵抗にかかる電位差が減少し、電流も減少していく。十分に時間がたつと、コンデンサーには電気量 $Q = \text{1}$ がたくわえられ、抵抗にかかる電位差は 0 となって、もはや電流は流れなくなる。このときコンデンサー内の電界(電場)にたくわえられた静電エネルギーは $W_1 = \text{2}$ である。一方電池は電気量 Q を電位差 V だけ移動させたことになるから、電池が供給したエネルギーは $W_2 = \text{3}$ である。 W_2 と W_1 の差が生じたのは、電池が供給したエネルギーの一部が主として からである。

解答群

- [1] $\frac{Q}{V}$ [2] CV [3] RI [4] $\frac{Q}{C}$ [5] $\frac{Q^2}{V}$ [6] CV^2
 [7] RI^2 [8] $\frac{Q}{C^2}$ [9] $\frac{Q^2}{2V}$ [10] $\frac{1}{2}CV^2$ [11] $\frac{1}{2}RI^2$ [12] $\frac{Q}{2C^2}$
 [13] コンデンサーで放電した [14] コンデンサーで熱に変わった
 [15] 抵抗で熱に変わった [16] 電磁波として放出された

[B] コンデンサーを充電したあと、スイッチを b に切り替えた。コンデンサーにたまっていた電荷が電位差によって移動し始め、コイルには電流が流れだす。コイルに電流が流れるとコイルを貫いて磁束が生じるが、電流が時間的に変化しているので磁束も時間的に変化する。したがって、コイルには 向きに誘導起電力が生じ、スイッチを切り替えた瞬間から流れ始めた電流は急激には増加しない。電流はしだいに増加して、コンデンサーにたくわえられた電気量が 0 になったとき最大になる。このとき、コンデンサー内の電界にたくわえられていた静電エネルギーは 0 となり、完全にコイルの磁界にたくわえられるエネルギーに変換される。このエネルギーは、コイルを流れる電流の最大値 I_m を用いて表すと、 であるから、 I_m は V 、 C 、 L を用いて $I_m = \text{7}$ となる。電流は最大値に達したあととも自己誘導によって流れ続け、コンデンサーをはじめとは正負逆向きに充電し始める。

このようにして同様の現象がくりかえされ、コンデンサーとコイルの間でエネルギーがやりとりされて、回路 B には振動電流が流れ続ける。

回路 B に流れる振動電流の角周波数を ω 、電流を $I = I_0 \sin \omega t$ ($I_0 > 0$ 、 t は電流が流れ始めてからの時間) とすると、コンデンサー両端の電圧 V_C は電流の向きを正として $V_C = \text{8}$ である。またコイルの誘導起電力 V_L は電流 I よりも位相が 9 から、 $V_L = \text{10}$ である。振動電流においても、回路に沿って1周すると電位の変化の和は 0 になるから、(8) と (10) の式をもちいて角周波数の値が求められ、 $\omega = \text{11}$ となる。スイッチを切り替えてから最初に電流が最大になるまでの時間は 12 である。

解答群

- [17] LI_m [18] LI_m^2 [19] $\frac{1}{2}LI_m^2$ [20] $V\sqrt{LC}$ [21] $V\sqrt{\frac{C}{L}}$
 [22] $V\sqrt{\frac{L}{C}}$ [23] $\omega CI_0 \cos \omega t$ [24] $\frac{1}{\omega C} I_0 \cos \omega t$ [25] $\frac{1}{\omega C} I_0 \sin \omega t$
 [26] $-\omega LI_0 \cos \omega t$ [27] $-\frac{1}{\omega L} I_0 \cos \omega t$ [28] $\frac{1}{\omega L} I_0 \sin \omega t$
 [29] \sqrt{LC} [30] $\pi\sqrt{LC}$ [31] $\frac{1}{\sqrt{LC}}$ [32] $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ [33] $\frac{\pi\sqrt{LC}}{2}$
 [34] $\frac{\pi\sqrt{LC}}{4}$ [35] π [36] $\frac{\pi}{2}$ [37] $\frac{\pi}{4}$ [38] 電流を妨げる
 [39] 磁束の減少を妨げる [40] 磁界と電流に垂直な [41] π だけ進んでいる
 [42] π だけ遅れている [43] $\frac{\pi}{2}$ だけ進んでいる [44] $\frac{\pi}{2}$ だけ遅れている