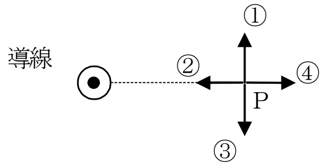
確認テスト　ＮＯ.１００　電流が作る磁界

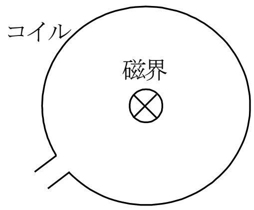
年　　組	番	氏名	

次の各問いに答えよ。π =3.14 とする。

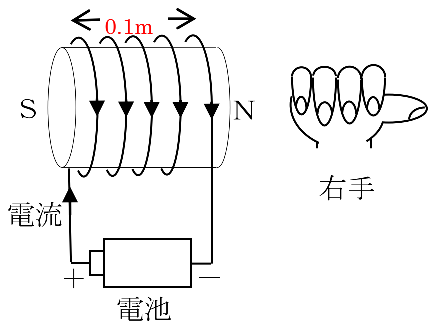
問１　充分に長い直線上の導線に 10A の電流が流れている。この電流から 2m の場所に生じている磁界の強さは何 A/m か。また，右図で導線に流れている電流は紙面に垂直に裏から表向きである。図中Ｐ点の磁界の向きは①～④のどれか。



問２　半径 0.2m の一巻きの円形コイルに 4A の電流を流した。円形コイル中心の磁界の強さは何 A/m か。また，右図でコイルの中心にできる磁界の向きが紙面に垂直に表から裏向きのとき，コイルを流れる電流の向きは右回り（時計回り），左回り（反時計回り）のどちらか。



問３　図のような幅 0.1m あたり 20 回巻いたソレノイドに 2A の電流を流した。ソレノイド内部にできる磁界の強さは何 A/m か。また，磁界の向きは図の右，左のどちらか。

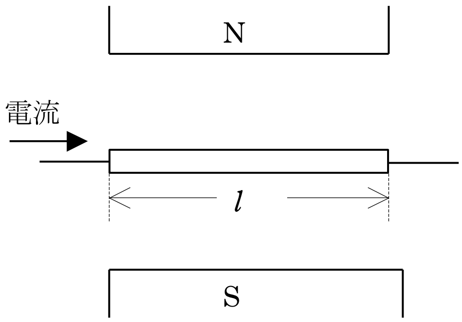


確認テスト　ＮＯ.１０１　電流が磁界から受ける力

年　　　組	番	氏名	

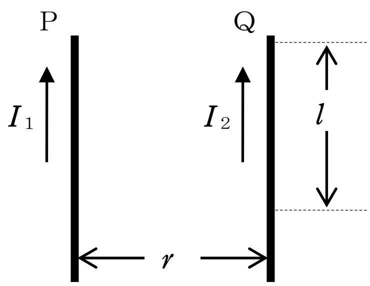
次の文中の（　）を埋めよ。向きは右，左，上，下，紙面に垂直な向きは，表から裏，裏から表　で答えよ。

フレミングの左手の法則では，中指が（　　　　　），人差し指が（　　　　　），親指が（　　　　　）の方向を表す。



図のように磁石のＮ極とＳ極を向かい合わせ，その間に長さl[m]の導線を置き，図の右向きに電流I[A]を流した。磁極，導線は平行に配置する。磁界の向きは図の（　　　　　）向きで，導線が受ける力は紙面垂直に（　　　　　）向きとなる。

いま，$l=0.2$[m]、$I=3$[A]，磁極間の磁束密度を$B=5$[N/A･m]とすると，導線が受ける力の大きさ$F=$（　　　　　）[N]である。



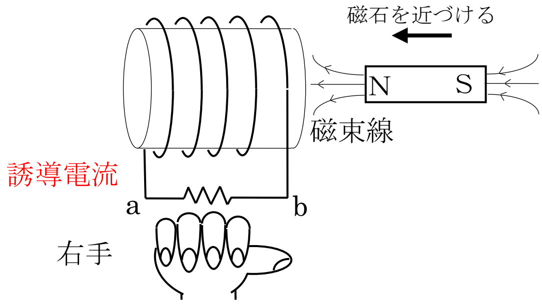
図のように導線Ｐ，Ｑをr[m]の間隔で平行に置き，同じ向きに電流を流した。Ｐ，Ｑの電流の強さをそれぞれI_1[A]，I_2[A]とする。Ｐを流れる電流がＱの位置に作る磁界は紙面に垂直に（　　　　　）向きで，その強さは$H=$（　　　　　）[A/m]である。この空間が空気で，空気の透磁率をμ [N/A^2]とすると，磁束密度は$B=$（　　　　　）[N/(A･m)]となる。

したがって，Ｑの長さl[m]の部分が受ける力の大きさ$F=$（　　　　　）[N]で，その向きは（　　　　　）向きである。

確認テスト　ＮＯ.１０２　電磁誘導（１）

年 組	番	氏 名	

図のように，磁石のＮ極をコイルに近づける。



（１）コイルのａ端の電位とｂ端の電位では，どちらが高くなるか。正しい方を下から選び番号で答えよ。

①ａ端　　②ｂ端　　答＿＿＿＿＿

（２）ａｂ間を抵抗でつないだとき，抵抗を流れる電流の向きとして正しいものを下から選び番号で答えよ。

①ａ→ｂ　　②ｂ→ａ　　答＿＿＿＿＿

（３）磁石のＮ極をコイルから遠ざけるとき抵抗を流れる電流の向きを，（２）の選択肢の番号で答えよ

。

答＿＿＿＿＿

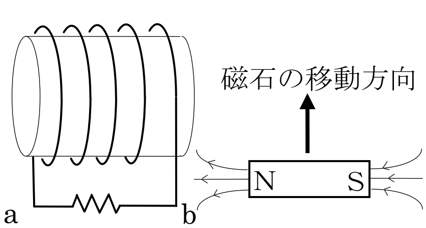
（４）磁石のＳ極をコイルに近づけるとき抵抗を流れる電流の向きを，（２）の選択肢の番号で答えよ。

答＿＿＿＿＿

（５）磁石のＳ極をコイルから遠ざけるとき抵抗を流れる電流の向きを，（２）の選択肢の番号で答えよ。

答＿＿＿＿＿

（６）図のように磁石を移動したとき，抵抗を流れる電流の向きがどのように変化するか答えよ。



確認テスト　ＮＯ.１０３　電磁誘導（２）

年　　　　組	番	氏名	

次の文中の（　）を埋めよ。

空間がどのような物質で満たされているかで，その空間の透磁率μ [N/A^2]が決まる。この透磁率と磁界H[N/Wb]（＝[A/m]）をかけた値を，磁束密度とよびBで表す。$B = \mu H$である。真空の透磁率は$\mu = 1.25 \times 10^{-7}$なので，真空中に$H = 4$ の磁界があると，磁束密度は$B =$（　　　　　）となる。空気の透磁率は，真空の透磁率とほぼ同じ値である。

磁束密度の単位を考えてみよう。[N/A^2]×[A/m]＝[N/(A･m)]が磁束密度の単位であるが，Wb，m を用いて，[（　　　　　）]と表すこともできる。

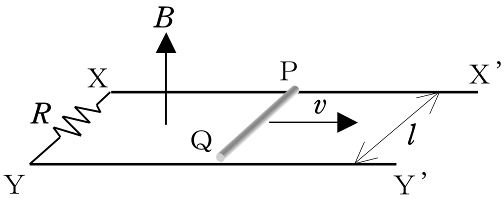
磁界の様子を表すのに「磁力線（じりょくせん）」を用いる場合と，「**磁束線**（じそくせん）」を用いる場合がある。磁力線は磁界に対応しており，$H = 4$ の場所では、1 m^{2}あたり 4 本の磁力線があると考える。磁束線は磁束密度に対応しており，$B = 5 \times 10^{-7}$の場所では 1 m^{2}あたり 5×10^{-7}本の磁束線があると考える。いま，磁束密度B[Wb/m^2]のところで，面積S[m^2]を貫く磁束線の本数をΦとすると，Φ＝（　　　　　）[Wb]となる。このΦのことを「**磁束**」とよぶ。

ファラデーの電磁誘導の法則

N回巻きのコイルを貫く磁束線の本数が時間Δtの間にΦからΦ’に変化したとき、$\Delta \Phi =$ Φ’－Φとして，このときコイルに生じる電圧（誘導起電力）は，

$$V = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

図のように，磁束密度B[Wb/m^2]の一様な磁界中に，十分に長い導線ＸＸ’，ＹＹ’を置いた。磁界の向きは鉛直上向きで，２本の導線は同一水平面内で間隔がl〔m〕で平行になるよう配置した。



ＸとＹをR〔Ω〕の抵抗でつなぎ，２本の導線に垂直になるよう導体棒ＰＱを置く。図の向きにこの導体棒を一定の速さv〔m/s〕ですべらせた。

（１）ＰＱに生じる誘導起電力の大きさは何 V か。また，Ｐ，Ｑのどちらの電位が高いか。

（２）抵抗を流れる電流の大きさは何 A か。また，その向きはＸ→Ｙ，Ｙ→Ｘのどちらか。

（３）ＰＱの部分が磁界から受ける力の大きさは何 N か。また，その向きは図の「右」,「左」のどちらか。

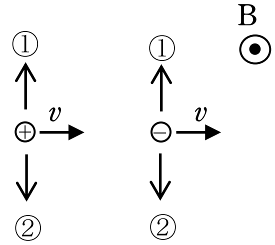
（４）ＰＱを一定の速さで動かしつづけるために，外力が毎秒する仕事は何 J か。

（５）抵抗部分で毎秒発生するジュール熱は何 J か。

確認テスト　ＮＯ.１０４　ローレンツ力

年　組	番	氏名	

問1　右図のように，磁束密度B〔Wb/m²〕の磁界中を＋q〔C〕，－q〔C〕の荷電粒子がともにv〔m/s〕の速さで磁界に垂直に進んでいる。磁界の向きは紙面垂直に裏から表向きである。

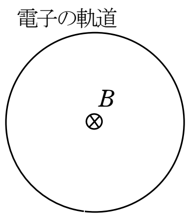


（１）正，負の荷電粒子が受ける力の向きはを図の①，②で答えよ。

正の荷電粒子　…　＿＿＿＿＿＿　　　負の荷電粒子　…　＿＿＿＿＿＿

（２）荷電粒子が受ける力の大きさはいくらか。

問2　磁束密度Bの磁界に垂直に，質量m，電気量－eの電子が，速さvで入射した。



（１）電子が磁界から受ける力の大きさはいくらか。

（２）電子が描く円軌道の半径はいくらか。

（３）磁界の向きが，紙面に垂直に表から裏向きであったとすると，電子の回転方向として正しいのは，次のうちどちらか。番号で答えよ。

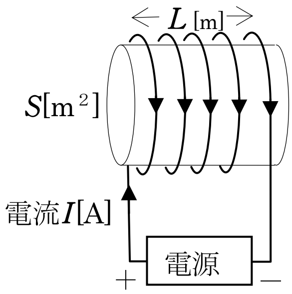
①左回り（反時計回り）　　　②右回り（時計回り）

答＿＿＿＿＿＿

確認テスト　ＮＯ.１０５　自己誘導・相互誘導

年　　組	番	氏名	

問1　文中の（　）を埋めよ。



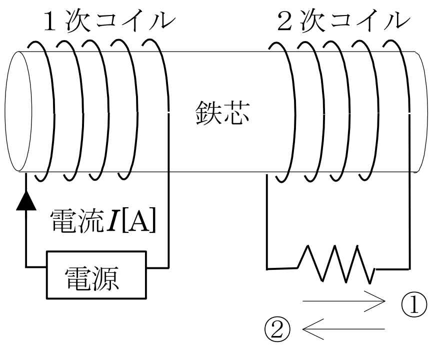
コイルに電流の大きさを自由にコントロールできる電源をつないだ。いま，コイルを流れる電流を変化させると，コイルに電圧（これを誘導起電力という）が発生する。この現象を自己誘導という。

右図のように，長さL[m]，巻き数N回のコイルにI[A]の電流を流したとき，コイル内部にできる磁界の強さH＝（　　　）[A/m]である。コイル内部の空間の透磁率をμ[N/A^2]とすると，磁束密度の大きさB＝（　　　）[Wb/m^2]である。したがって，コイル内の磁束線の本数Φ（これを磁束という）を考えると，コイルの断面積をS[m^2]としてΦ＝（　　　）[Wb]となる。

いま，コイルを流れる電流が⊿t[s]間に⊿I[A]大きくなったとすると，コイルを貫く磁束線の本数の増加は⊿Φ＝（　　　）[Wb]である。したがって，コイルには図の（　）向きに誘導起電力が発生する。これをファラデーの電磁誘導の法則$V=-N\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}$に代入すると，誘導起電力は$V=-L\dfrac{\Delta I}{\Delta t}$という形になり、$L$＝（　　　）である。このLをコイルの自己インダクタンスといい、単位は[H]（ヘンリーと読む）である。

※誘導起電力の向きは「右」または「左」で答えよ。

問2　右図の１次コイルを流れる電流を変化させると，２次コイルに電圧（これを誘導起電力という）が発生する。この現象を相互誘導という。



（１）１次コイルの電流が増加するとき２次コイルを流れる電流の向きは図の①，②のいずれか。

１次コイルの長さをL[m]，巻き数N_1回，断面積S[m^2]，鉄芯の透磁率をμ [N/A^2]とする。１次コイルを流れる電流が$\varDelta t$[s]間に$\varDelta I$[A]大きくなったとする。

（２）１次コイルを貫く磁束線の本数の増加$\varDelta \Phi$ [Wb]はいくらか。

（３）１次コイルの誘導起電力の大きさV_1[V]はいくらか。

１次コイルを貫く磁束線は全て２次コイルを貫くものとする。２次コイルの巻き数N_2回、断面積S[m^2]とする。

（４）２次コイルの誘導起電力の大きさV_2[V]はいくらか。

（５）V_1 : V_2はいくらになるか。

確認テスト　ＮＯ.１０６　交流

　次の文中の（　）を埋めよ。

交流発電

　交流とは，交流電圧または交流電流のことをいい，磁界中でコイルを回転させると生じる。図１は，巻き数N回，２辺の長さがそれぞれa，bの長方形のコイルである。これを磁界に垂直に置き，図２のように左回りに回転させた。

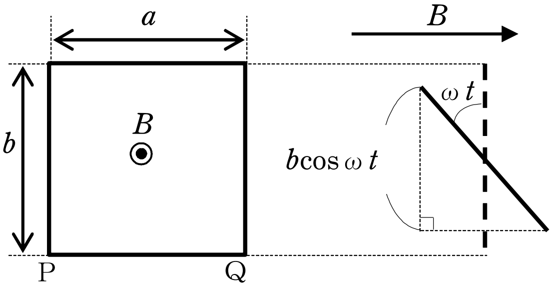


図１　　図２

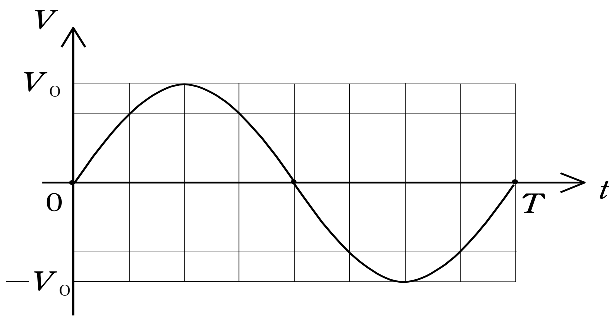
　はじめの半周でＰＱ間に流れる電流の向きは，（　）→（　），次の半周でＰＱ間に流れる電流の向きは、（　）→（　）となる。

　コイルを角速度ωで等速円運動させるものとする。図２は時刻tで，ωt回転した状態である。磁束密度をBとすると，このときコイルを貫く磁束線の本数Φ はΦ＝（　　　　　　　）である。このΦ を磁束と呼ぶ。

ファラデーの電磁誘導の法則$V=-N\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}$を微分$V=-N\dfrac{d\Phi}{dt}$で考えると，

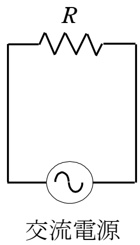
V＝（　　　　　　　）となる。これより、電圧の最大値は，V_0＝（　　　　　）となる。

　発生した電圧をグラフに示すと，右図のようになる。図中のTは交流の周期で，ωを用いて，T＝（　　　）と表される。また，$f=\dfrac{1}{T}$で表されるfを交流の（　　　）と呼ぶ。



〔参考〕$y=a\sin bx$　のとき　$\dfrac{dy}{dx}=ab\cos bx$　，　$y=a\cos bx$　のとき　$\dfrac{dy}{dx}=-ab\sin bx$

交流電源に抵抗を接続したとき

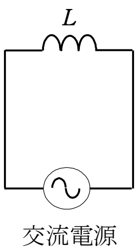


　右図のように，交流電源に抵抗値Rの抵抗を接続した。電源電圧を$V=V_0\sin\omega t$とすると，オームの法則より，電流$I=\dfrac{V}{R}=$（　　　　　　）となる。したがって，電流の最大値は、$I_0=$（　　　　　）となる。

　このとき，抵抗での消費電力は$P=IV=I_0V_0\sin^2\omega t=$（　　　　　　　）となり，その平均値は$\overline{P}=\dfrac{1}{2}I_0V_0$となる。これを，$\overline{P}=\dfrac{I_0}{\sqrt{2}}\dfrac{V_0}{\sqrt{2}}=I_eV_e$とおき，$I_e=\dfrac{I_0}{\sqrt{2}}$，$V_e=\dfrac{V_0}{\sqrt{2}}$を（　　　　　）と呼ぶ。

〔参考〕$\sin^2\theta=\dfrac{1}{2}(1-\cos2\theta)$　、$\sin\theta\cos\theta=\dfrac{1}{2}\sin2\theta$

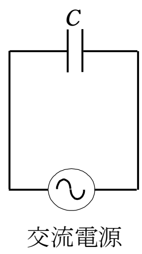
交流電源にコイルを接続したとき



　右図のように、交流電源に自己インダクタンスLのコイルを接続した。このとき流れる電流を$I=I_0\sin\omega t$とすると，コイルには$-L\dfrac{\Delta I}{\Delta t}$の誘導起電力が生じる。これを微分で考えると$-L\dfrac{dI}{dt}=$（　　　　　　　）となる。交流電源の電圧を$V$とすると，電源電圧と誘導起電力は常につりあった状態にあるから，$V-L\dfrac{dI}{dt}=0$である。したがって，$V=\omega LI_0\cos\omega t=\omega LI_0\sin$（　　　　　）となる。電圧の最大値が$V_0=\omega LI_0$となるので、$\omega L$はコイルの抵抗と考えてよいが，抵抗とは呼ばずに（　　　　　）と呼ぶ。

　このとき，コイルでの消費電力は$P=IV=I_0V_0\sin\omega t\cos\omega t=$（　　　　　　　）となり，その平均値は$\overline{P}=0$となる。

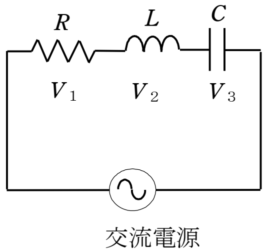
交流電源にコンデンサーを接続したとき



右図のように，交流電源に電気容量Cのコンデンサーを接続した。電源電圧$V = V_0 \sin\left(\omega t - \dfrac{\pi}{2}\right) = -V_0 \cos\omega t$とすると，コンデンサーに蓄えられている電気量は$Q = CV =$（　　　　　　　　）となる。一定の電流が流れているとき，電流$I = \dfrac{Q}{t}$だが，この場合電流が変化するので，微分で$I = \dfrac{dQ}{dt}$と考える。したがって，$I =$（　　　　　　　　）となる。電流の最大値$I_0 = \omega CV_0$となるので，（　　　　）はコンデンサーの抵抗と考えてよいが，抵抗とは呼ばずにリアクタンスと呼ぶ。

このとき，コンデンサーでの消費電力は$P = IV = -I_0 V_0 \sin\omega t \cos\omega t =$（　　　　　　　　）となり，その平均値は$\overline{P} = 0$となる。

交流電源に抵抗，コイル，コンデンサーを直列に接続したとき



右図のように，交流電源に抵抗値Rの抵抗，自己インダクタンスLのコイル、電気容量Cのコンデンサーを直列に接続した。

このとき流れる電流を$I = I_0 \sin\omega t$とすると、

抵抗にかかる電圧は　$V_1 =$（　　　　）$\sin\omega t$

コイルにかかる電圧は　$V_2 =$（　　　　）$\cos\omega t$

コンデンサーにかかる電圧は　$V_3 = -$（　　　　）$\cos\omega t$

となる。したがって，電源電圧$V = V_1 + V_2 + V_3 =$（　　　　　　　）$I_0 \sin(\omega t + \phi)$

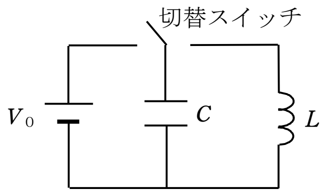
ただし、$\tan\phi = \dfrac{\omega L - \dfrac{1}{\omega C}}{R}$である。

電圧の最大値$V_0 = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \dfrac{1}{\omega C}\right)^2}\, I_0$となるので，$\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \dfrac{1}{\omega C}\right)^2}$は抵抗，コイル，コンデンサーの合成抵抗と考えてよいが，これをインピーダンスと呼ぶ。

いま，交流の周波数をfとすると、ω＝（　　　　）である。周波数を変化させて$\omega L-\dfrac{1}{\omega C}$＝0 とすると,最も大きな電流が流れる。このときの周波数はL, Cを用いて、f＝(　　　　　)と表される。この周波数を，共振周波数と呼ぶ。

〔参考〕$\mathrm{A}\sin\theta+\mathrm{B}\cos\theta=\sqrt{A^2+B^2}\,\sin(\theta+\phi)$　　ただし、$\tan\phi=\dfrac{B}{A}$

コイル，コンデンサーによる交流の発生（振動回路）



右図のような回路を組み，はじめ切替スイッチをV_0の電池につないでコンデンサーを充電する。つづいて，切替スイッチをコイル側につなぐと交流が発生する。コンデンサーの電気容量をC，コイルの自己インダクタンスをLとする。

コンデンサーの電圧を$V=V_0\cos\omega\mathrm{t}$とすると，電気量は$Q=CV=CV_0\cos\omega t$

したがって、このとき流れている電流は$I=\dfrac{dQ}{dt}$＝（　　　　　　　　）となる。電流が変化するのでコイルに電圧（誘導起電力）が生じ，その値は$-L\dfrac{dI}{dt}$＝（　　　　　　　　）となる。

コンデンサーとコイルの電圧は常につりあっているので、$V_0\cos\omega t=\omega^2 LCV_0\cos\omega t$

∴　ω＝（　　　　　），周波数はf＝（　　　　　　）となる。

いま，コンデンサーとコイルのエネルギーの和を考えると，

$$\frac{1}{2}CV^2+\frac{1}{2}LI^2=\frac{1}{2}C(V_0\cos\omega t)^2+\frac{1}{2}L(-\omega CV_0\sin\omega t)^2=(\qquad\qquad)$$

となり，エネルギーの和が常に一定であることがわかる。