「折戸の物理」　簡単復習プリント　電磁気 1

基本事項の簡単な復習

電磁気

1. 電場

・クーロンの法則　電気量 q_1, q_2〔C〕の電荷が距離 r〔m〕で置かれているとき働く静電気力 F〔N〕は, クーロンの法則の比例定数を k〔N・m²/s²〕として

F = (　　　　　)(1)

力の向きは, q_1, q_2 が, 同符号の時　(　　　　　)(2)

異符号の時　(　　　　　)(3)

・電場　大きさ E〔V/m〕の電場に, 電気量 q〔C〕の電荷を置くと, 静電気力 F〔N〕が働く。

F, E, q の関係　F = (　　　　　)(4)

静電気力の向き　$q > 0$ のとき　(　　　　　)(5)

静電気力の向き　$q < 0$ のとき　(　　　　　)(6)

・点電荷の周りの電場　電気量 q〔C〕の点電荷から距離 r〔m〕離れている点の電場 E〔V/m〕

E = (　　　　　)(7)　向き　$q > 0$ のとき　(　　　　　)(8)

$q < 0$ のとき　(　　　　　)(9)

・電場の重ね合わせ　電場を作る要素が複数ある場合, 実際にできる電場はそれぞれの電場のベクトルの和となる。

・電位　電場中を電気量 q〔C〕の電荷を, 電位の基準面から電位 V〔V〕まで運ぶために必要な仕事 W〔J〕は　W = (　　　　　)(10)

・点電荷の周りの電位　電気量 q〔C〕の点電荷から距離 r〔m〕離れている点の電位 V〔V〕

V = (　　　　　)(11)

・一様な電場　大きさ E〔V/m〕の一様な電場で, 電場の方向に沿って距離 d〔m〕離れた 2 点の電位差 V〔V〕　V = (　　　　　)(12)

・電気力線　接線方向が(　　　　　)(13)の方向。

単位面積当たりの通過本数 = (　　　　　)(14)

・ガウスの法則　電気量 q〔C〕の電荷から出る, 電気力線の本数(　　　　　)(15)

・等電位面　電位の等しいところを結んだ面(線)　必ず電気力線と(　　　　　)(16)

等電位面(線)の間隔が密なところほど電場が(　　　　　)(17)

・静電誘導　電場中に置かれた導体　電荷は必ず導体の(　　　　　)(18)に現れる。

導体中の電場 = (　　　　　)(19), 導体全体が電位は(　　　　　)(20)

・誘電分極　電場中に置かれた不導体の内部では, 誘電体の構成粒子が(　　　　　)(21)し電場を(　　　　　)(22)とする。

2. コンデンサー

・極板面積 S〔m^2〕, 極板間隔 d〔m〕で, 極板間の誘電率が ε〔F/m〕の平行板コンデンサー

容量 C〔F〕は　　$C=($　　　　　$)(23)$

・容量 C のコンデンサーの極板間に電圧をかけたとき

蓄えられる電荷 Q〔C〕　　$Q=($　　　　　$)(24)$

蓄えられる静電エネルギー U〔J〕

$U=($　　　$)=($　　　$)=($　　　　　$)(25)$

・誘電率　真空の誘電率を ε_0 としたとき, 比誘電率 ε_r の物質の誘電率 ε は　$\varepsilon=($　　　　$)(26)$

・コンデンサー内の電場 E　　d と V で　　$E=($　　　　　$)(27)$

Q と S と ε で　　$E=($　　　　　$)(28)$

・コンデンサー内の極板に働く力 f　　Q と S と ε で　$f=($　　　　　$)(29)$

Q と E で　　$f=($　　　　　$)(30)$

・合成容量　容量がそれぞれ C_1, C_2 のコンデンサーの合成容量 C

直列接続　(　　　　　　　　)(31)

並列接続　(　　　　　　　　)(32)

・コンデンサーを含む回路

電荷の保存則, 電位の関係を考えて解く。

3. 直流回路

・電流　　導体の断面を時間 t〔s〕に電荷 q〔C〕が通過したときの電流 I〔A〕

$I=($　　　　　$)(33)$

・オームの法則　R〔Ω〕の抵抗の両端に V〔V〕の電圧をかけたときながれる電流 I〔A〕

$I=($　　　　　$)(34)$

・断面積 S〔m^2〕, 長さ l〔m〕, 抵抗率 ρ〔Ω・m〕の金属線の抵抗値 R〔Ω〕

$R=($　　　　　$)(35)$

・電力　電圧 V〔V〕, 電流 I〔A〕の電力 P〔W〕　　$P=($　　　　　$)(36)$

・抵抗の消費電力 P〔W〕　$P=($　　　$)(36)=($　　　$)(37)=($　　　$)(38)$

・電力量 W〔J〕　電力 P〔W〕, 時間 t〔s〕で　　$W=($　　　　　$)(39)$

・キルヒホッフの法則

Ⅰ. 電流に関して, 回路中の任意の点に　(　　　　　=　　　　　)(40)

Ⅱ. 電圧に関して。任意の閉回路で　(　　　　　=　　　　　)(41)

・起電力 E〔V〕, 内部抵抗 r〔Ω〕の電池に, 電流 I〔A〕が流れるとき, 電池の端子電圧 V〔V〕

$V=($　　　　　　$)(42)$

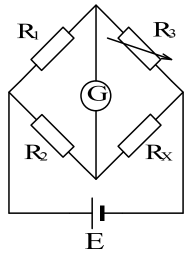
・電流計の測定範囲を変えるには

抵抗を(　　　　)(43)につなげる。これを(　　　　　)(44)とよぶ。

「折戸の物理」　簡単復習プリント　　　電磁気 2

・電圧計の測定範囲を変えるには，

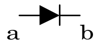
抵抗を(　　　　　)(45)につなげる。これを(　　　　　　)(46)とよぶ。



・ホイートストン・ブリッジ回路　図で検流計に電流が流れないとき，抵抗 R_x を R_1，R_2，R_3 で表すと

R_x = (　　　　　　)(47)

・ダイオード　N 型と P 型半導体の組み合わせにより，電流を一方向にのみ流す。図で，(　　　　　)(48)が順方向で電流が流れる。



理想的なダイオードの場合，電流が流れているとき ab 間の電圧は(　　　)(49)

電流が流れていないとき ab 間の電圧は 0 か，(　　　)(50)の方が高い。

現実のダイオードでは電流が流れているときも ab 間に電位差があり，(　　　)(51)の方が高い。

4. 磁場

・磁気量 m_1〔wb〕，m_2〔wb〕の磁極が距離 r〔m〕離れておかれているとき，磁極間に働く力の大きさ F〔N〕は，k_m を比例定数として磁気力に関するクーロンの法則より

F = (　　　　　　　　)(52)

力の向きは，磁極が，同種の時　(　　　　　　　　)(53)

異種の時　(　　　　　　　　)(54)

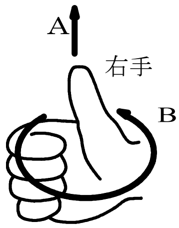
・磁場　大きさ H〔A/m〕の磁場に，磁気量 m〔Wb〕の磁極を置くと，磁気力 F〔N〕が働く。

F, H, m の関係　　F = (　　　　　　　　)(55)

磁気力の向き　N 極のとき(　　　　　　　　　　)(56)

S 極のとき(　　　　　　　　　　)(57)

・磁場の重ね合わせ　磁場を作る要素が複数ある場合，実際にできる磁場はそれぞれの磁場のベクトルの和となる。



・I〔A〕の電流が流れる十分に長い直線電線から，距離 r〔m〕離れた点の磁場の大きさ H〔A/m〕は　H = (　　　　　　)(58)

向きは右ねじの法則で考える。ねじは無いので，右手で代用する。右図で親指の向き(A)が(　　　　　)(59)残りの指の回る方向(B)が(　　　　　)(60)

・I〔A〕の電流が流れる半径 r〔m〕の円形コイルの円の中心での磁場の大きさは，コイルの巻き数を N 回として　H = (　　　　　　)(61)

向きは同様に，右手で考える。今度は親指の向き(A)が(　　　　　)(62)，残りの指の回る方向(B)が(　　　　　)(63)

・導線を密に，十分に長い円筒状に巻いたものをソレノイドという。ソレノイドに電流を流すと内部に一様な磁場ができ，電流を I〔A〕，(　　　　　　　　　　　　　　)(64)の巻き数を n〔1/m〕として

H = (　　　　　　　　　　)(65)

磁場の向きは，円形電流と同じ。

・磁場と磁束密度，磁束　　透磁率 μ〔N/A²〕の物質中で磁場の大きさ H〔A/m〕とする。

磁束密度 B〔Wb/m²〕=〔T〕（テスラ）は

B = (　　　　　　　　　　)(66)

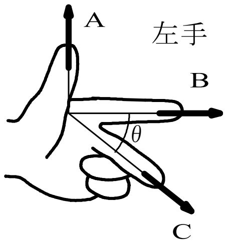
磁場に垂直な面積 S〔m2〕の面を貫く磁束 Φ〔Wb〕は

Φ = (　　　　　　　　　　)(67)

・磁場中の電流に働く力　　磁束密度 B〔T〕の磁場中に，磁場と角 θ の方向の導線に電流 I〔A〕を流したとき，導線の長さ l〔m〕あたり磁場から働く力 F〔N〕は

F = (　　　　　　　　　　　　)(68)

$\theta = 90^\circ$ のとき（磁場と電流が直交するとき）は　　　F = (　　　　　　　　　　　　)(69)



向きはフレミングの左手の法則で考える。右図で親指の向き(A)が(　　　　　　　)(70)，人差し指の向き(B)が(　　　　　　　)(71)，中指の向き(C)が(　　　　　　　　)(72)である。

・ローレンツ力　　磁束密度 B〔T〕の磁場中で，速さ v〔m/s〕で動く電気量 q〔C〕を持つ電荷に，磁場から働くローレンツ力の大きさ f〔N〕は，速さと磁場のなす角を θ として

f = (　　　　　　　　　　　　)(73)

向きは，フレミングの左手の法則で電荷の移動方向を電流の方向と考える。

電荷が負の場合，電荷の速度の方向と電流の方向は(　　　　　)(74)

$\theta = 90^\circ$ のとき（磁場と電流が直交するとき）は　　　f = (　　　　　　　　　　　　)(75)

5．電磁誘導

・電磁誘導　　閉回路を貫く磁束 Φ〔Wb〕が変化すると，回路に誘導起電力が生じる。

・レンツの法則　　誘導起電力の向きは，磁束の変化を打ち消す方向に電流を流そうとする方向

・ファラデーの電磁誘導の法則

時間 Δt〔s〕の間に，閉回路を貫く磁束が $\Delta\Phi$〔Wb〕だけ変化するとき，発生する誘導起電力 V〔V〕は，右図のように正の向きをとると

V = (　　　　　　　　　　　　)(76)

向きの決め方がよくわからないなら，起電力の大きさと向きを別々に考えよう。

$|V|$ = (　　　　　　　　　　　　)(77)

向きは，レンツの法則で考える。

・磁場を横切る導体棒

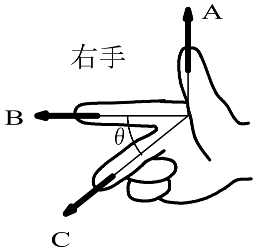
磁束密度 B〔T〕の磁場を横切るように速さ v〔m/s〕で動く導体棒には，起電力 V〔V〕が発生する。導体棒の長さを l〔m〕，導体棒の速度と磁場がなす角を θ として(速度と導体棒の長さ方向は直交しているとして)

V = (　　　　　　　　　)(78)

速度と磁場が直交するときは

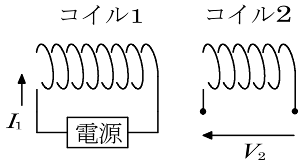
V = (　　　　　　　　　)(79)

向きは，右手を使うと便利である。



右図で，親指の向き(A)が(　　　　　　)(80)，人差し指の向き(B)が(　　　　　　)(81)，中指の向き(C)が(　　　　　　　)(82)である。

・相互誘導　2 つのコイル 1 とコイル 2 を隣接させておく。コイル 1 に流す電流 I_1〔A〕を時間 Δt〔s〕の間に，ΔI_1〔A〕だけ変化させると，コイル 2 に発生する起電力 V_2〔V〕は，右図の矢印の向きを正として



V_2 = (　　　　　　　　　)(83)

ただし，M を(　　　　　　　　　)(84)という。単位は〔H〕(ヘンリー)

これも向きの決め方に自信がない場合は，大きさと向きを別に考えればよい。

・自己誘導　コイルに流れる電流が変化すると，コイル自身にも起電力が発生する。時間 Δt〔s〕の間に，電流が ΔI〔A〕だけ変化させると，コイルに発生する起電力 V〔V〕は

V = (　　　　　　　　　)(85)

ただし，L を(　　　　　　　　　)(86)という。単位は〔H〕

同じく向きの決め方に自信がない場合は，大きさと向きを別に考えればよい。向きは，コイルを含む回路の性質からも考えられる。

自己誘導で大事なことは

コイルに流れる電流は(　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　)(87)

・磁気エネルギー　自己インダクタンス L〔H〕のコイルに電流 I〔A〕が流れているとき，コイルに蓄えられている磁気エネルギー U〔J〕は

U = (　　　　　　　　　)(88)

6. 交流

・周期的に向き(正負)がかわる電圧を交流電圧という。変化が正弦曲線となる交流を考える。

周期を T〔s〕とする。交流の周波数(振動数) f〔Hz〕と，角周波数 ω〔rad/s〕は

f = (　　　　　　　　)(89)　，　ω = (　　　　　　　　)(90)

・実効値　交流電圧の最大値 V_0〔V〕が，電流の最大値が I_0〔A〕のとき，それぞれの実効値 V_e〔V〕, I_e〔A〕は

V_e = (　　　　　　　　)(91)　，　I_e = (　　　　　　　　)(92)

電圧と電流の位相が等しい場合，消費電力の時間平均 $\overline{P}$〔W〕は，実効値を用いて

$\overline{P}$ = (　　　　　　　　)(93)

・コイル　自己インダクタンス L〔H〕のコイルに角周波数 ω〔rad/s〕の交流電圧をかけた場合

コイルのリアクタンス(交流に対する抵抗) X_L〔Ω〕

X_L = (　　　　　　　　)(94)

電圧に対して電流の位相は(　　　　　　　　)(95)

・コンデンサー　容量 C〔F〕のコンデンサーに角周波数 ω〔rad/s〕の交流電圧をかけた場合

コンデンサーのリアクタンス(交流に対する抵抗) X_C〔Ω〕

X_C = (　　　　　　　　)(96)

電圧に対して電流の位相は(　　　　　　　　)(97)

・RLC 直列回路　抵抗値 R〔Ω〕の抵抗，自己インダクタンス L〔H〕のコイル，容量 C〔F〕のコンデンサーを直列に接続し，角周波数 ω〔rad/s〕の交流電圧をかけた場合，回路全体のインピーダンス(回路全体の交流に対する抵抗) z〔Ω〕は

z = (　　　　　　　　)(98)

・消費電力の平均値　回路の電圧と電流の実効値がそれぞれ V_e〔V〕, I_e〔A〕で，電流と電圧の位相のずれが φ〔rad〕のとき，消費電力の時間平均 $\overline{P}$〔W〕

$\overline{P}$ = (　　　　　　　　)(99)

・共振回路　RLC 直列回路で，電流値が最大になる共振周波数は f_0〔Hz〕は

f_0 = (　　　　　　　　)(100)

・振動回路　自己インダクタンス L〔H〕のコイル，容量 C〔F〕のコンデンサーからなる振動回路の周波数 f〔Hz〕は

f = (　　　　　　　　)(101)

・変圧器　1 次コイルと 2 次コイルの巻き数の比が，$N_1 : N_2$ であるとき，1 次コイル，2 次コイルの電圧をそれぞれ V_1, V_2 とすると

$V_1 : V_2$ = (　　　　　　　　)(102)

また，1 次コイル，2 次コイルの電流をそれぞれ I_1, I_2 として，

I_1V_1 = (　　　　　　　　)(103)

が成り立つ。