 Copyright Makeage,Inc. All Rights Reserved.

1 J16直線電流がつくる磁場［物理重要問題集2017 法政大］

次の文の $\boxed{\quad}$ に入れるべき数式，数値，または記号を答えよ。

真空中において，図1に示すように，十分に長い直線導線Lを含む平面内に，一辺の長さが $2r$ の正方形導線ABCDを，ABをLと平行にし距離 r だけ離して並べて置く。Lには強さ I_1 の定常電流が図の矢印の向きに流れており，ABCDには大きさが無視できる電池を用いて強さ I_2 の定常電流を図の矢印の向きに流した。ただし，真空の透磁率を μ_0，円周率を π とし，I_2 がつくる磁場（磁界）は考えなくてよい。力の向きは図2の①～④から選べ。

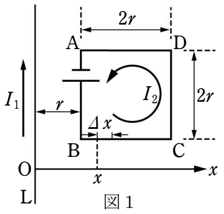


図1

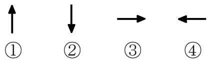
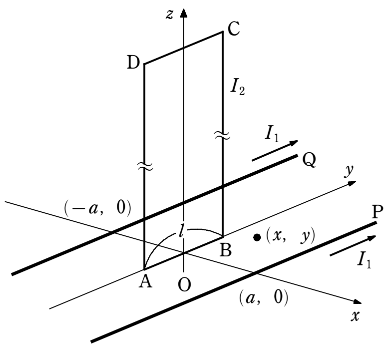


図2

I_1 が導線ABの位置につくる磁場の強さは $\boxed{\text{ア}}$ となり，この磁場によって導線ABが受ける力の大きさ F_{AB} は $\boxed{\text{イ}}$，その力の向きは $\boxed{\text{ウ}}$ となる。同様にして，導線CDが I_1 によって受ける力の大きさと向きが求められるので，導線ABと導線CDが I_1 によって受ける力の合力の大きさは F_{AB} の $\boxed{\text{エ}}$ 倍となる。導線BC上でLから距離 x 離れた長さ Δx の微小導線が I_1 によって受ける力の大きさ ΔF_{BC} は F_{AB} の $\boxed{\text{オ}}$ 倍，その力の向きは $\boxed{\text{カ}}$ となり，導線BC上で x を変化させて求まる ΔF_{BC} の総和が，I_1 によって導線BCが受ける力となる。同様にして，I_1 によって導線DAが受ける力が求められる。以上より，I_1 によってABCDが受ける力の合力の大きさは F_{AB} の $\boxed{\text{キ}}$ 倍となる。

2 11直線電流がつくる磁場中の単振動［2011 熊本大］

図のように，xy 面内の2点 $(a,\ 0)$ と $(-a,\ 0)$ のそれぞれを通り y 軸に平行な2本の導線PとQの両方に，$+y$ 方向に電流 I_1〔A〕を流す。また，長方形のコイルABCDが yz 面内につるされており，辺CDは y 軸に平行に固定されている。辺DAとCBは十分長く，辺ABは xy 面内で x 軸方向に自由に動くことができる。辺ABの長さは l〔m〕，質量は m〔kg〕であり，他の辺の質量は無視できる。真空の透磁率を μ_0〔N/A²〕として，次の問いに答えよ。ただし，重力の影響は無視する。



(1) Pの電流が，2つの導線にはさまれた xy 面上の点 $(x,\ y)$ につくる磁場（磁界）は，$+x$ 方向，$-x$ 方向，$+y$ 方向，$-y$ 方向，$+z$ 方向，$-z$ 方向のいずれかを答えよ。また，Qの電流がつくる磁場はどの方向かを答えよ。

(2) 点 $(x,\ y)$ における磁場 H〔A/m〕を求めよ。

(3) (2)において $|x|$ は a より十分小さいと仮定して，$|\beta|$ が1よりきわめて小さい場合の近似式 $\dfrac{1}{1-\beta} \fallingdotseq 1+\beta$ を用いて，H を書き直せ。

次に，コイルに電流 I_2〔A〕を流し，軽く触れたところ，辺ABは原点O付近で x 軸方向に単振動を始めた。

(4) 単振動をするためには，I_2 は，A→Bの向きか，あるいはB→Aの向きかを答えよ。

(5) (3)の結果を用いて，辺ABが原点から x〔m〕の距離にあるとき，辺ABにはたらく力 F〔N〕を求めよ。

(6) この単振動の周期 T〔s〕を求めよ。

3 14ローレンツ力を受ける荷電粒子の運動［2014 立命館大］

次の文章を読み，$\boxed{\text{ア}}$～$\boxed{\text{キ}}$ に適切な数式あるいは数値を記入せよ。また，$\boxed{\text{a}}$～$\boxed{\text{c}}$ には指定された選択肢から最も適切なものを1つ選べ。$\boxed{\text{ア}}$～$\boxed{\text{エ}}$ に記入する数式は，文字定数として $R,\ B,\ m,\ Q,\ v,\ \pi$ のみを用いること。角度は度を単位として表し，$\boxed{\text{オ}}$～$\boxed{\text{キ}}$ は文字定数を用いず，数値を記入すること。

図1のような，半径 R の十分に長い内部が真空の円筒容器を考える。円筒の中心軸を z 軸とする互いに直交する xyz 座標系を図1および図2（z 軸上方から見た図）のように選ぶ。座標系の原点Oは容器の端から十分離れた場所にあるとする。x 軸，y 軸，z 軸の関係はそれぞれ右手の親指，人差し指，中指の向きと同じであることに注意しよう。

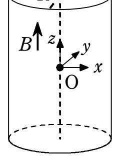


図1

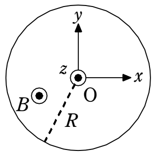


図2

円筒容器内には z 軸正の向きを向いた磁束密度の大きさ B の一様な磁場が存在し，容器の壁の影響による磁束密度の変化は無視できるものとする。また，地球の重力や地磁気は無視できるものとする。

(1) 円筒容器内で原点Oに，質量 m で正の電気量 Q をもつ粒子があり，x 軸の正の向きに大きさ $v\ (v>0)$ の速度をもっていたとする（図3）。粒子の大きさは無視できるものとする。この粒子には磁場による力が作用し，大きさは $\boxed{\text{ア}}$ で向きは $\boxed{\text{a}}$ である。この粒子は z 軸上方から見たとき $\boxed{\text{b}}$ の円運動をする。磁場による力と遠心力のつりあいから，円運動の半径は $\boxed{\text{イ}}$ となる。この粒子が円筒容器に衝突することなく，原点Oにもどってくるためには，速度の大きさは $\boxed{\text{ウ}}$ より小さくなければならない。そのときの円運動の周期 T_0 は $\boxed{\text{エ}}$ である。

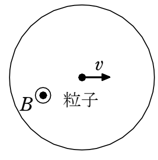


図3

(2) 次に，同じ円筒容器と磁場のもとで，同じ粒子が容器の器壁上の点 P_1 にあり（x 軸上で $x=R$ の位置），向きが x 軸負の向きで大きさ $u\ (u>0)$ の速度をもっていたとする（図4）。この粒子は円軌道を描き，点 P_2 で器壁に衝突する。粒子は器壁と弾性衝突し，衝突の際に電荷を失わないものとする。点 P_2 ではねかえった粒子は同様な円軌道を描き，器壁上の点 P_3 で再び弾性衝突をした。その後，粒子は同様な円軌道を描き，弾性衝突を器壁上の点 P_4 および点 P_5 でくり返し，図5に示された軌跡を描いて点 P_1 にもどってきたとする。

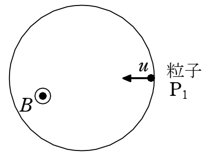


図4

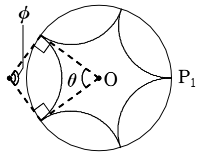


図5

粒子が器壁と衝突する間の円弧をなす軌道の1つを考える（図5）。角度 θ と角度 ϕ を図5のように定義する。図5より $\theta+\phi=\boxed{\text{オ}}$ 度であるから，$\phi=\boxed{\text{カ}}$ 度となる。この粒子が点 P_1 を出発して器壁に衝突しながら点 P_1 にもどってくるとき，周期は $\boxed{\text{キ}}\times T_0$ である。また，z 軸上方から見たとき，粒子は器壁に衝突しながら点 P_1，P_2，P_3，P_4，P_5 と $\boxed{\text{c}}$ に回って点 P_1 にもどってくることがわかる。

$\boxed{\text{a}}$ に対する選択肢

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

$\boxed{\text{b}}$ に対する選択肢

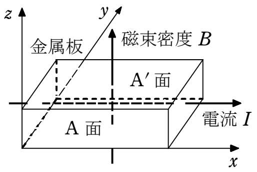
① 時計回り　② 反時計回り

$\boxed{\text{c}}$ に対する選択肢

① 時計回り　② 反時計回り

4 04ホール効果［2004 神戸大］

図のように，金属板の x 軸の正の方向に一定電流（大きさが I）を流し，z 軸の正の方向に磁界（磁場，磁束密度の大きさが B）をかけた。問題の解答に必要な物理量を表す記号はすべて各自が定義し，明示せよ。



(1) 金属に流れる荷電粒子は，磁界からローレンツ力を受ける。荷電粒子にはたらくローレンツ力の大きさとその向きを答えよ。

(2) 磁界からのローレンツ力が金属に流れる荷電粒子にはたらいた結果，図の手前の面（A面）または図の奥の面（A′面）に電荷が移動して帯電し，y 軸の正の方向または負の方向に電界（電場）ができる。この状態で十分時間が経過すると，荷電粒子に電界からはたらく力とローレンツ力がつりあって，これ以上帯電は進まなくなる。このときの電界の大きさを E としたとき，E と B との関係を求めよ。

(3) 電界の大きさ E を，磁束密度の大きさ B，電流の大きさ I，金属中の荷電粒子の単位体積当たりの数 N を含む式で表せ。

(4) 測定可能な物理量を明記して，以上の関係式から荷電粒子の電荷の正負が決められることを示せ。また，金属中の荷電粒子の単位体積当たりの数 N が求められることを示せ。ただし，荷電粒子の電荷の大きさはわかっているものとする。

 Copyright Makeage,Inc. All Rights Reserved.

5 14回路に生じる誘導起電力［2014 横浜国立大］

図1，2に示すように，xy 平面上にある直角二等辺三角形（等辺の長さが $2a$）の回路を，一定の速さ v で x 軸の正の向きに動かす。回路の点A，Bは常に x 軸上にあり，点Aの座標を $(p,\ 0)$ とする。最初に点Aは x 軸の負の領域にあったとする。

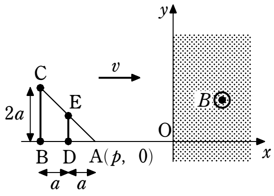


図1

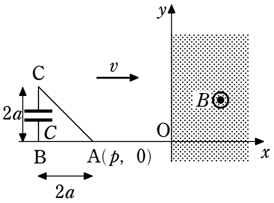


図2

xy 平面の $x>0$ の領域には，磁束密度の大きさ B の一様な磁場が平面に垂直に，紙面の裏から表の向きに加えられている。回路を流れる電流がつくる磁場の影響は無視できるものとし，また，回路が変形することはないものとする。

次の問いについて，点Aの x 座標 p がそれぞれ示された範囲にあるときの物理量を求めよ。

［A］ まず，図1の回路を考える。この回路は，y 軸に平行な2本の抵抗線BC，DEと導線でつくられている。これらの抵抗線の長さ a 当たりの抵抗値は R である。導線や抵抗線の太さは無視できるものとする。

(1) $0<p<a$ のとき，回路を貫く磁束を求めよ。

(2) $0<p<a$ のとき，回路に生じる誘導起電力の大きさを求めよ。

(3) $0<p<a$ のとき，導線ADを流れる電流を求めよ。ただし，x 軸の正の向き（B→Aの向き）を正とする。

(4) $a<p<2a$ のとき，回路が磁場から受ける力の x 成分を求めよ。ただし，x 軸の正の向きを正とする。

(5) $a<p<2a$ のとき，回路で消費される電力を求めよ。

［B］ 次に，図2のような，電気容量が C のコンデンサーと導線からなる直角二等辺三角形の回路を考える。最初，点Aは x 軸の負の領域にあり，コンデンサーに蓄えられた電荷はなかった。また，導線の太さやコンデンサーの大きさは無視できるものとする。

$0<p<2a$ のとき，次の問いに答えよ。

(6) コンデンサーに蓄えられている電気量の大きさを求めよ。

(7) 導線ABを流れる電流を求めよ。ただし，x 軸の正の向きを正とする。

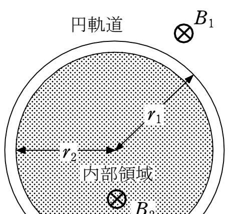
(8) このときまでに，磁場から受ける力に抗して回路を動かすために要した仕事を求めよ。

6 10ベータトロン［2010 福島県立医科大］

電子の加速器として医療に使われているベータトロンのしくみについて述べた次の文章の空欄 ア ～ ケ を埋め，次の問い(1)・(2)に答えよ。なお，単位のついている空欄には数式が，それ以外の空欄には言葉が入る。また，電子の質量は m［kg］，電荷は $-e$［C］とせよ。

閉じた1巻きのコイルを貫く磁束が変化すると，電磁誘導の法則によりコイルに誘導起電力が発生する。誘導起電力（電圧）をコイルの周の長さでわるとコイルの導線内の電場が得られ，この電場は誘導電場とよばれる。じつは導線がなくても導線のあった空間には同じ誘導電場が発生しており，ベータトロンはこの誘導電場を使って電子を加速する。実際の装置ではドーナツ状の真空にした管の中で電子に円運動をさせながら加速する。この電子の円軌道が，閉じた1巻きのコイルと同じはたらきをする。

図のように紙面内に半径 r_1［m］の円軌道を設置し，また，軌道の内側に図のように半径 r_2［m］（$r_1>r_2$）の円形の内部領域を設置し，円軌道では磁束密度の大きさが B_1［T］の一様な磁場が，また，内部領域では磁束密度の大きさが B_2［T］の一様な磁場が，いずれも紙面に垂直に手前から向こうの向きに加わるようにしてある（内部領域と円軌道の間は磁場が無いものとする）。



はじめ，$B_1=B_2=B_0$（B_0 は正の定数）で，電子が円軌道を一定の速さ v［m/s］で円運動をしていた。この円運動は電子の受ける ア 力によるものであり，円運動の向きは イ（時計回りか反時計回りかで答えよ）である。ア 力の大きさは B_0，e，v を用いて ウ［N］と表され，また，円運動の向心力の大きさは m，r_1，v を用いて エ［N］と表されるので，電子の運動量の大きさ p は B_0，e，r_1 を用いて オ［N·s］と表される。

さて，内部領域の磁束密度の大きさを $B_2=B_0+bt$（b は正の定数で t は時刻）のように増加させると，電磁誘導の法則により電子の運動を加速させる向きに大きさ E の誘導電場が発生する。誘導電場により電子の受ける電気力の大きさは e と E を用いて カ［N］と表され，また，E は b，r_1，r_2 を用いて キ［V/m］と表される。運動量の変化は力積に等しいので，短い時間 Δt［s］での誘導電場による電子の運動量の大きさの増加 Δp_2 は b，e，r_1，r_2，Δt を用いて ク［N·s］と表される。

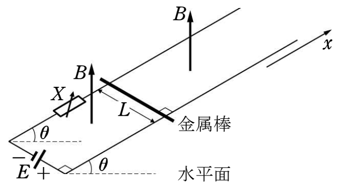
ところで，誘導電場で加速されると電子の軌道の半径は大きくなってしまうが，円軌道の磁束密度の大きさも増加させることにより半径の増大をおさえることができる。そこで，B_1 も $B_1=B_0+at$（a は正の定数，t は B_2 の t と同じ）のように増加させる。短い時間 Δt で電子は加速されたが，B_1 の増加のため半径 r_1 の軌道を保つことができたとすると，電子の運動量の大きさの増加 Δp_1 は a，e，r_1，Δt を用いて ケ［N·s］と表される。ここで，$\Delta p_1=\Delta p_2$ という条件が成りたてば，一定の半径の円運動を持続させながら電子を加速することができる。この条件はベータトロン条件とよばれる。

(1) ベータトロン条件を a，b，r_1，r_2 を用いて表せ。また，$r_1=r_2$ のときのベータトロン条件を a，b を用いて表せ。

(2) 磁束密度の単位T（テスラ）をm（メートル），kg（キログラム），s（秒），A（アンペア）の中から必要なものを用いて表せ。

7 16傾斜したレール上をすべる金属棒［2016 東京農工大］

向きを変えられる磁束密度 B［T］の一様な磁場中に，十分に長い平行な2本の金属のレール（間隔 L［m］）が置かれている。レールを含む面は水平面に対して角度 θ（$0°<\theta<90°$）をなしている。図は，磁場が鉛直上向きの場合を示している。このレールの上に質量 M［kg］の金属棒をレールに対して直角に乗せる。金属棒は常にレールと接触したまま，レールに対して直角の向きを保ちながらなめらかに動くものとする。このレールに可変抵抗器（抵抗値 X［Ω］）と電池（起電力 E［V］）をつないで図のような回路をつくった。抵抗器以外の電気抵抗は無視し，回路を流れる電流がつくる磁束密度は B に比べて十分小さいものとする。また，重力加速度の大きさを g［m/s^2］とし，レールにそった方向を x 軸にとり，斜面上向きを正とする。



(1) 磁場が鉛直上向きの状態で，可変抵抗器の抵抗値を X_0［Ω］に固定し，金属棒をレールに乗せた後，手を離すと金属棒は静止していた。次の問いに答えよ。解答は，B，M，L，E，θ，g から適切な文字を用いて表せ。

(a) 金属棒に流れる電流の大きさ i_0［A］を求めよ。

(b) 可変抵抗器の抵抗値 X_0 を求めよ。

(2) 磁場が x 軸の正の向きの状態で，可変抵抗器の抵抗値を(1)と同じ X_0 に固定し，金属棒をレールに乗せた後，手をはなした。このときの金属棒の運動について適切な説明を次の①～⑤から1つ選べ。

① x 軸の正の向きに等速度運動をした。

② x 軸の正の向きに加速度運動をした。

③ 静止していた。

④ x 軸の負の向きに等速度運動をした。

⑤ x 軸の負の向きに加速度運動をした。

(3) 磁場が鉛直上向きの状態で金属棒をレールに乗せた場合を考える。可変抵抗器の抵抗値を(1)で設定した X_0 よりも小さい値の X_1［Ω］に固定すると，金属棒が x 軸の正の向きに加速度 a（>0）［m/s^2］で動きだした。次の問いに答えよ。

(a) 金属棒に流れる電流の大きさを i［A］とすると，金属棒の x 軸方向に対する運動方程式は $Ma=$ □ である。空欄を文字式で表せ。ただし，解答は，B，M，L，i，θ，g から適切な文字を用いて表せ。

(b) 金属棒が x 軸の正の向きに速さ v［m/s］で運動しているとき，金属棒に流れる電流の大きさ i［A］を B，M，L，E，X_1，θ，g，v から適切な文字を用いて表せ。

(c) (3)(a)で求めた運動方程式は，$Ma=F-kv$ の形に表せる。ここで，F［N］は速さに依存しない力の大きさ，kv は比例定数を k［kg/s］とする速さに比例する抵抗力の大きさである。F と k をそれぞれ B，M，L，E，X_1，θ，g から適切な文字を用いて表せ。

(d) 金属棒の x 軸方向への運動は，やがて速さ v_0［m/s］の等速度運動になった。その理由を運動方程式 $Ma=F-kv$ の形から類推して80字以内で説明せよ。

(e) 速さ v_0 を B，M，L，E，X_1，θ，g から適切な文字を用いて表せ。

(f) 金属棒が速さ v_0 の等速度運動をしているとき，金属棒が傾斜を上がるために使われる電力 P_{M}［W］を B，M，L，E，X_1，θ，g から適切な文字を用いて表せ。

 Copyright Makeage,Inc. All Rights Reserved.

8 05自己誘導［2005 明治大］

次の文中の空欄［ a ］に適する式を求めよ。また，［ア］～［ケ］に最も適するものをそれぞれの解答群から１つ選べ。

ソレノイドコイルに電流を流すと，その内部には図１のように磁場(磁界)が発生する。そして，電流を増加すると，このコイルを貫く磁束が［ア］誘導起電力が発生する。この現象を［イ］という。

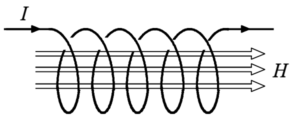


図１

このコイルの断面積は S，長さは l，単位長さ当たりの巻き数は n である。このコイルに電流 I が流れているとき，その内部に発生する磁場 H は $H=nI$ である。したがって，透磁率を μ_0 とすると，コイルの１巻きを貫く磁束 Φ は $\Phi=$［ウ］となる。短い時間 Δt の間に電流 I が ΔI だけ変化し，それに伴って磁束 Φ が $\Delta\Phi$ だけ変化すると，コイルの１巻きに発生する誘導起電力は，$\Delta\Phi$ を使って［ a ］と表せる。ただし，コイルに発生する起電力の向きは，図のように電流を流そうとする向きを正とする。このとき，コイル全体に発生する誘導起電力 V は

$$\boxed{\text{エ}}\times\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

に等しい。(エ)の絶対値は自己インダクタンスとよばれる。誘導起電力の単位が V(ボルト)であるから，上の式を使うことにより，自己インダクタンスの単位が［オ］であることがわかる。

次に，自己インダクタンス L のこのコイルと抵抗値 r，R の抵抗を直列にして，図２のように，一定電圧 E の電源につないだ。ただし，R の大きさは $0\sim R_1$ の範囲で変えることができる。

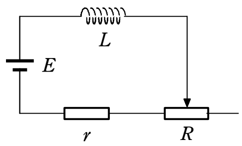


図２

R の大きさを $0\sim R_1$ の範囲でゆっくり変化させると，この回路を流れる電流 I は［カ］$\leqq I \leqq$［キ］の範囲で変化する。

図２で R の大きさを時間とともに変化させたところ，電流 I は図３のように変化した。このとき，コイルを貫く磁束 Φ は［ク］のように変化し，誘導起電力 V は［ケ］のように変化する。

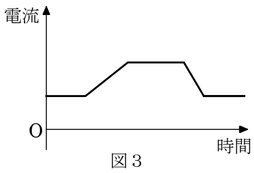


図３

［ア］の解答群

① 増加し，これを強める向きに　② 増加し，これを打ち消す向きに
③ 減少し，これを強める向きに　④ 減少し，これを打ち消す向きに

［イ］の解答群

① フレミングの右手の法則　② フレミングの左手の法則
③ 静電誘導　④ 自己誘導
⑤ 相互誘導

［ウ］の解答群

① $\mu_0 nSI$　② $\mu_0 nSlI$　③ $\dfrac{\mu_0 nSI}{l}$　④ $\dfrac{\mu_0 SI}{l}$　⑤ $\mu_0 SI$

⑥ $-\mu_0 nI$　⑦ $\dfrac{-\mu_0 nlI}{S}$　⑧ $\dfrac{-\mu_0 nI}{S}$

［エ］の解答群

① $-\mu_0 nl$　② $-\mu_0 nS$　③ $-\mu_0 n^2 S$　④ $-\mu_0 n^2 l$　⑤ $-\mu_0 nl^2$

⑥ $-\mu_0 nSl$　⑦ $-\mu_0 n^2 Sl$　⑧ $-\mu_0 n^2 Sl^2$

［オ］の解答群

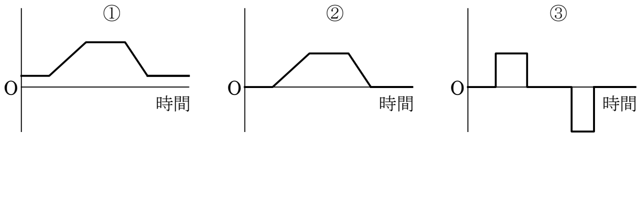
① A　② V　③ A/V　④ V/A　⑤ A/s　⑥ V/s
⑦ A/V･s　⑧ V･s/A

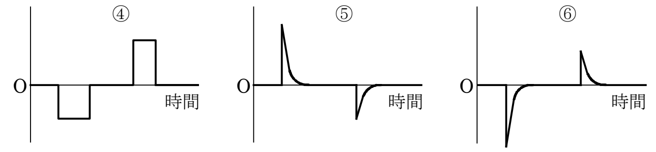
［カ］，［キ］の解答群

① $\dfrac{E}{r}$　② $\dfrac{E}{r+L}$　③ $\dfrac{E}{r+R_1}$　④ $\dfrac{r+R_1}{rR_1}E$　⑤ $\dfrac{E}{R_1}$

⑥ $\dfrac{E}{R_1+L}$　⑦ $\dfrac{E}{r+R_1+L}$

［ク］，［ケ］の解答群

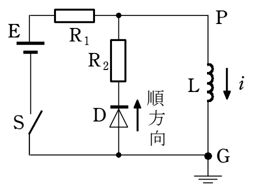




9 11コイルを含む直流回路［2011 東京理科大］

次の問題の［　］の中に入れるべき正しい答えを，それぞれの解答群の中から選べ。必要なら同一番号をくり返し用いてよい。

図のような，起電力が V_0[V]の電池 E，抵抗値が R_1[Ω]，R_2[Ω]の抵抗 R_1，R_2，自己インダクタンスが L_0[H]のコイル L，スイッチ S，ダイオード D からなる回路がある。ここで，ダイオード D の順方向，逆方向の抵抗は各々 0，無限大とする。また，コイルの巻き線の電気抵抗と電池の内部抵抗は無視できるものとし，S を入れる前までは，コイルを含む回路には電流は流れていないものとする。



(1) S を入れた直後の P の G に対する電位は［ア］[V]である。

(2) S を入れてから，十分時間が経過したのち，コイルに流れる電流は［イ］[A]であり，抵抗 R_2 を流れる電流は［ウ］[A]である。

(3) 次に，S を開いた。その直後に
(a) 抵抗 R_2 を流れる電流は［エ］[A]である。
(b) P の G に対する電位は［オ］[V]である。
(c) コイル L を流れる電流 i が単位時間当たりに変化する割合は［カ］[A/s]である。

(4) 横軸に S を開いてからの時間 t をとり，縦軸にコイルの誘導起電力 e をとるとき，GP 間の誘導起電力の時間変化を表すグラフとして最も適当なものは［キ］である。ただし，誘導起電力の向きが G から P のときに，誘導起電力の符号が正であるものとする。

(5) S を開いてから十分時間が経過する間に，抵抗 R_2 で発生する全ジュール熱は［ク］[J]である。

(ア)，(イ)，(ウ)，(エ)，(オ)，(カ)と(ク)の解答群

[1] V_0　[2] $-V_0$　[3] 0　[4] $\dfrac{V_0}{R_1}$　[5] $\dfrac{V_0}{R_2}$

[6] $\dfrac{R_1}{V_0}$　[7] $\dfrac{R_2}{V_0}$　[8] $\dfrac{V_0}{R_1+R_2}$　[9] $\dfrac{R_2}{R_1}V_0$　[10] $-\dfrac{R_2}{R_1}V_0$

[11] $\dfrac{R_1}{R_2}V_0$　[12] $-\dfrac{R_1}{R_2}V_0$　[13] $\dfrac{V_0}{L_0}$　[14] $-\dfrac{V_0}{L_0}$　[15] $\dfrac{R_2V_0}{L_0R_1}$

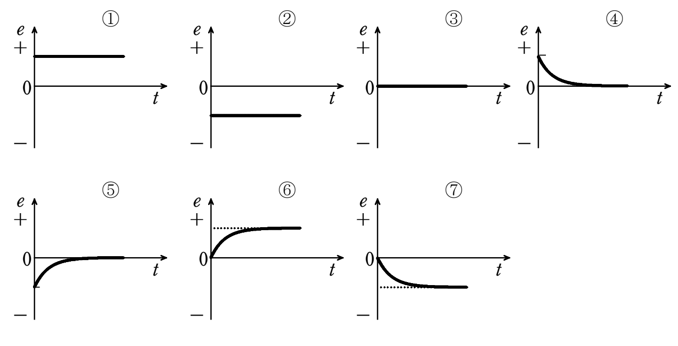
[16] $-\dfrac{R_2V_0}{L_0R_1}$　[17] $\dfrac{R_1V_0}{L_0R_2}$　[18] $-\dfrac{R_1V_0}{L_0R_2}$　[19] $\dfrac{R_1L_0}{V_0R_2}$　[20] $-\dfrac{R_1L_0}{V_0R_2}$

[21] $\dfrac{L_0{V_0}^2}{2R_1}$　[22] $\dfrac{L_0{V_0}^2}{2R_2}$　[23] $\dfrac{L_0}{2}\left(\dfrac{V_0}{R_1}\right)^2$　[24] $\dfrac{L_0}{2}\left(\dfrac{V_0}{R_2}\right)^2$

[25] $L_0\left(\dfrac{V_0}{R_1}\right)^2$　[26] $L_0\left(\dfrac{V_0}{R_2}\right)^2$　[27] $\dfrac{L_0}{2}\left(\dfrac{R_1}{V_0}\right)^2$　[28] $\dfrac{L_0}{2}\left(\dfrac{R_2}{V_0}\right)^2$

[29] $L_0\left(\dfrac{R_1}{V_0}\right)^2$　[30] $L_0\left(\dfrac{R_2}{V_0}\right)^2$

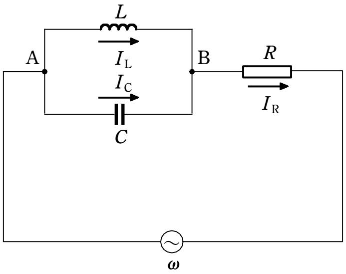
(キ)の解答群



 Copyright Makeage,Inc. All Rights Reserved.

$\boxed{10}$ 06ＬＣ並列回路［2006 埼玉大］

図のように，角周波数 ω〔rad/s〕の交流電源，自己インダクタンス L〔H〕のコイル，電気容量 C〔F〕のコンデンサー，抵抗値 R〔Ω〕の抵抗からなる回路がある。電流と電圧は実効値であるとして，次の(1)〜(3)に答えよ。



(1) 交流電源に対する，コイルのリアクタンス(誘導リアクタンス)は $X_L=\omega L$，コンデンサーのリアクタンス(容量リアクタンス)は $X_C=\dfrac{1}{\omega C}$ である。リアクタンスとは何か説明せよ。また，交流電源に対するコイル，コンデンサーのはたらき(特徴)を述べよ。

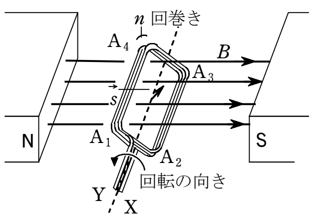
(2) 図の回路で，自己インダクタンス 40 mH，電気容量 2.0 μF，抵抗値 50 Ω，角周波数 5.0×10^3 rad/s とする。AB間の電圧が 10 V のとき，コイルに流れる電流 I_L〔A〕，コンデンサーに流れる電流 I_C〔A〕を求めよ。

(3) $I_L=I_C$ となるときの交流電源の角周波数 ω〔rad/s〕を求めよ。このとき，抵抗に流れる電流 I_R〔A〕はどうなるかを答えよ。

$\boxed{11}$ 07交流の発生［2007 北海道大］

次の文章の $\boxed{}$ に適切な数式を入れよ。また，(3)に答えよ。

図のように，磁束密度 B〔Wb/m²〕の一様な磁場(磁界)中にコイルを置く。コイルは，太さと質量が無視できる導線を長方形状にすき間なく n 回巻いて作られている。コイルの中心軸(図の破線)は磁場に垂直であり，コイルはこの軸のまわりをなめらかに回転することができる。また，コイルの4つ角をそれぞれ A_1，A_2，A_3，A_4 とし，A_1A_2 と A_4A_3 の長さを a〔m〕，A_1A_4 と A_2A_3 の長さを b〔m〕とする。さらに，A_1A_2 の中心付近に端子XとYがあり，これらの端子間には抵抗などの素子を接続することができる。このコイルを図に示す向きに一定の角速度 ω〔rad/s〕で回転させると，コイルには誘導起電力が発生した。コイル面 $A_1A_2A_3A_4$ に垂直なベクトル $\vec{s}$ を考え，$\vec{s}$ の向きが磁場の向きと一致する時刻を 0 s とする。また，このときコイルを貫く磁束の符号を正とする。



(1) まず，端子XとYの間に何も接続されていない場合について考えよう。コイル面 $A_1A_2A_3A_4$ を貫く磁束は時刻 0 s で最も大きく，$\boxed{\text{ア}}$〔Wb〕である。コイルは t〔s〕間に $\boxed{\text{イ}}$〔rad〕回転するので，時刻 t〔s〕でコイル面を貫く磁束は $\boxed{\text{ウ}}$〔Wb〕と表される。このようにコイル面を貫く磁束は時間とともに変化し，コイルには角周波数 ω〔rad/s〕の交流起電力が発生する。このとき，端子Xに対する端子Yの電圧を $V_0\sin\omega t$ と表すと，振幅 V_0 は $\boxed{\text{エ}}$〔V〕であり，周期は $\boxed{\text{オ}}$〔s〕である。

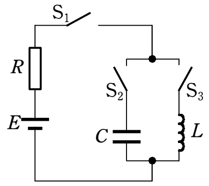
(2) 次に，端子XとYの間に R〔Ω〕の抵抗が接続された場合を考える。コイルの抵抗は R〔Ω〕に比べて十分小さく，端子Xに対する端子Yの電圧は $V_0\sin\omega t$ であるとする。以下の $\boxed{\text{カ}}$〜$\boxed{\text{ク}}$ には V_0 を用いて答えよ。

端子YからXの向きに抵抗を流れる電流の符号を正にとると，この回路に流れる電流は $\boxed{\text{カ}}$〔A〕と表される。磁場中でコイルに電流が流れると，コイルには力がはたらく。コイルの一部 A_1A_2 と A_4A_3 にそれぞれはたらく力は，コイルの回転軸と平行なので，回転には影響を与えない。一方，A_1A_4 と A_2A_3 にそれぞれはたらく力は，コイルの回転軸に垂直で，回転をさまたげている。したがって，一定の角速度 ω〔rad/s〕でコイルを回転させるには，これらの力に逆らって仕事をしなければならない。A_1A_4 と A_2A_3 にそれぞれはたらく力は，大きさが等しくたがいに逆向きであり，その最大値は $\boxed{\text{キ}}$〔N〕である。また，時刻 t〔s〕から $t+\Delta t$〔s〕までの短い時間 Δt〔s〕において，A_1A_4 と A_2A_3 にはたらく力をそれぞれ一定とみなし，時刻 t〔s〕における値で近似すると，この間にコイルになされる仕事は $\boxed{\text{ク}}$〔J〕となる。これは Δt〔s〕間に抵抗で発生するジュール熱に等しい。

(3) (2)の抵抗を 100 Ω，抵抗間の電圧の振幅を 140 V，周期を 0.02 s として，抵抗で消費される電力の時間変化のグラフを図示せよ。また，1秒間に抵抗でジュール熱として消費される電気エネルギーをこのグラフを参考にして求め，J を単位として数値で答えよ。必要であれば，三角関数の公式 $\sin^2 x=\dfrac{1-\cos 2x}{2}$ を用いてもよい。

$\boxed{12}$ 13ＬＣ振動回路［2013 神戸大］

図のように，電圧 E の直流電源，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，抵抗値 R の抵抗，およびスイッチ S_1，S_2，S_3 を接続した回路を考える。最初コンデンサーに電荷はなく，すべてのスイッチは開いている。回路において電源の内部抵抗，導線の抵抗など R 以外の抵抗は無視できる理想的な場合を考え，問いに答えよ。



(1) 最初の状態から，スイッチ S_1 と S_2 を閉じる。スイッチを閉じた直後，および，スイッチを閉じてから十分に時間が経過したときに抵抗に流れる電流をそれぞれ求めよ。

(2) 次にスイッチ S_2 を開き，S_1 を閉じた状態から，時刻 $t=0$ で S_3 を閉じる。スイッチ S_3 を閉じた後，抵抗に流れる電流が時間とともにどのように変化するかの概略を，横軸を時間，縦軸を電流として図示せよ。このとき，S_3 を閉じてから十分に時間がたったときの電流，および，S_3 を閉じた直後の電流の時間的な変化の割合についてそれぞれ図中に明記せよ。また，なぜそのようなグラフになるか理由を説明せよ。

(3) 回路を最初の状態にもどし，スイッチ S_2 と S_3 を閉じた状態で S_1 を閉じた。

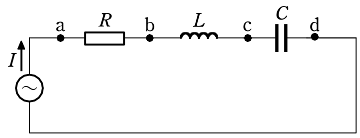
(a) スイッチ S_1 を閉じてから十分時間が経過した時点において，抵抗，コイル，コンデンサーそれぞれに流れる電流を求めよ。また，コイル，コンデンサーそれぞれに蓄えられているエネルギーを求めよ。

(b) スイッチ S_1 を閉じて十分時間が経過した状態から，S_1 を開く。この時刻を $t=0$ としたとき，時刻 $t>0$ におけるコンデンサーの両端の電圧は時間とともに変化するが，その電圧の大きさの最大値を求めよ。

(c) 時刻 $t>0$ においてコンデンサーに流れる電流が時間とともにどのように変化するかの概略を図示せよ。また，なぜそのようなグラフになるか理由を説明せよ。

$\boxed{13}$ 17交流回路［2017 千葉大］

図に示すような，点aと点bの間に抵抗値 R の抵抗，点bと点cの間に自己インダクタンス L のコイル，点cと点dの間に電気容量 C のコンデンサーを直列に接続した回路を考える。点aと点dの間に振幅 V_0，角周波数 ω の交流電圧を加えた。このとき回路に流れる電流は周期 T の正弦波 $I=I_0\sin\omega t$ で表されるものとする。ここで，t は時刻を表す。



次の問いに答えよ。必要に応じて次の三角関数に関する公式を用いよ。

$$\sin(x+y)=\sin x\cos y+\cos x\sin y$$

$$\sin x\sin y=\frac{1}{2}\{\cos(x-y)-\cos(x+y)\}$$

(1) 角周波数 ω を T を用いて表せ。

(2) 抵抗にかかる電圧 V_R(点bに対する点aの電位)を R，L，C，I_0，ω，t のうち必要な記号を用いて表せ。

(3) 抵抗での消費電力 P_R の概形を，$0\leqq t\leqq T$ の範囲についてグラフに示せ。グラフ中に，P_R の最大値を R，I_0，ω，t のうち必要な記号を用いて示し，P_R が最大，最小となる時刻($t=0$，T を除く)を，それぞれ T を用いて示せ。

(4) コイルにかかる電圧 V_L(点cに対する点bの電位)を R，L，C，I_0，ω，t のうち必要な記号を用いて表せ。

(5) コンデンサーにかかる電圧 V_C(点dに対する点cの電位)を R，L，C，I_0，ω，t のうち必要な記号を用いて表せ。

RLC直列回路全体の電圧 V(点dに対する点aの電位)は $V_0\sin(\omega t+\theta)=ZI_0\sin(\omega t+\theta)$ の形で表せる。ここで，θ は電流に対する位相差を表す。

(6) Z を R，L，C，ω を用いて表せ。

(7) 回路全体での消費電力は，周期的に電流の2倍の角周波数で変動する項と変動しない項の和として表せる。周期的に変動する項および変動しない項を V_0，Z，ω，t，θ のうち必要な記号を用いて表せ。

交流電源の電圧の振幅を変えないで，角周波数 ω を変えたところ，角周波数 ω_0 で回路を流れる電流の実効値が最大になった。

(8) 角周波数 ω_0 を R，L，C のうち必要な記号を用いて表せ。

(9) 角周波数が ω_0 のときに回路全体で消費される1周期の平均電力 $\overline{P}$ を R，V_0 を用いて表せ。

交流電源の電圧の振幅を変えないで，角周波数を ω_0 から下げていったところ，角周波数 ω_1 で回路全体で消費される1周期の平均電力が(9)で求めた $\overline{P}$ の半分になった。

(10) 角周波数 ω_1 を R，L，C を用いて表せ。