電子書籍版
電験王

令和6年度版

電験1種 一次試験

理論

過去問徹底解説

No.1
電験ブログ

「電験王」の解説を完全書籍化！

著者 電験王　編者 山岸 健太
（ブログ「電験1種の棚卸し」）

- 難易度表示付きでレベル別に攻略できる
- 正誤チェック機能で繰り返し学習をサポート

収録年 平成22年～令和5年

最新14年分の過去問題を収録！

【電子書籍版電験王】電験１種一次試験 過去問徹底解説 理論 令和６年度版（年度順）

目　次

はじめに

本書をお選びいただきありがとうございます。

本書は電験１種一次試験の理論科目についての 14 年間（令和 5 年～平成 22 年）を収録しています。出典元は電験王（https://denken-ou.com/c1/）であり，そこで解説されている内容についてかみ砕いた説明を適宜追加することにより作成しています。

本書は「電験王」ホームページ（https://denken-ou.com/c1/）を閲覧しながらの学習を推奨しています。図のカラー版や誤植修正・追記等ホームページを見ることで確認することができ，より効果的な学習が可能となります。

筆者ご挨拶

本書を手に取って下さりありがとうございます。本書を手にされている方のほとんどは合格率５％以下の難関資格である電験２種を見事合格された方であると思います。

その中を勝ち抜いてきた皆さまならば電験の学習方法は十分に理解されていると思いますが、電験１種においても合格への最短距離は、過去問に取り組み、問題の難易度・出題傾向を探り、その中で知識を定着して、それを繰り返していくことに変わりはありません。（「電験王」はその「電験」学習の「王」道である過去問解説をしたホームページという意味で、名称もそこから取っています。）

電験１種においては参考書や過去問集自体の発刊が少なくその学習手助けのためと思いホームページを開設し、当初はホームページのみで解説を続けていく方針でしたが、メモを取りたい、間違えた問題をチェックしたい、紙の方がやりやすい等ユーザーの方々から「ぜひ書籍化してほしい」との声が多数寄せられるようになりました。私自身はそのノウハウもなく、作業時間も割けない状況の中、本書の編者である山岸氏からご提案を受け、本書発行に至ることとなりました。

本書は「電験王１」のホームページのうち、一次試験の内容をまとめたものを、山岸氏のノウハウを加えさらに改良されたものとなっており、電験受験生のバイブルとなることを期待しています。

本書を繰り返し学習されることで、より多くの受験生が一次試験に合格されることを祈願致します。

編者ご挨拶

電験の合格には過去問題の演習が欠かせません。しかし，過去問題の解説は計算問題の過程や選択肢を絞る過程の説明が省略されたものが多く，解説を読んでもそもそもの理解が及ばないという受験者は数多くいらっしゃいます。

そこで今回，解説が分かりやすいと評判の電験王とコラボをして，電験１種の過去問題集を発行することとしました。電験王は編者と同じく独学で電験１種まで合格しており，独自の視点に基づいて分かりやすく過去問題の解説をホームページ（https://denken-ou.com/c1/）で行っています。一方，編者は電験に関するブログ運営（http://den1-tanaoroshi.com）やオーム社様発行の新電気で平成 30 年から「ケンタが教える！　電験突破法」の連載をしており，電験を合格するうえでのテクニックの解説を稚拙ながら行っています。

電験王のホームページには書籍化のご要望が殺到していたところで，このタイミングでこうした二者が電験１種の過去問題集を発行することになったのは正に偶然ですが，本書を使ってより多くの受験生が資格を取得し，電気業界の転職等のご希望の実現に繋がれば幸甚です。

令和 5 年 12 月

筆 者：電 験 王

編 者：山 岸　健 太

電験１種 試験の概要

1.試験科目及び出題内容

電験１種の試験は，一次試験と二次試験を行います。一次試験を全科目合格しないと二次試験を受験することができません。

1-1.一次試験(マークシート方式)

一次試験は表１の４科目で実施されます。解答群の中から最も適切なものを選択する多肢択一式問題です。

表１ 一次試験科目と出題範囲

科目(試験時間)	出題範囲
理論(90 分)	電気理論，電子理論，電気計測及び電子計測
電力(90 分)	発電所及び変電所の設計及び運転，送電線路及び配電線路（屋内配線を含む。）の設計及び運用並びに電気材料
機械(90 分)	電気機器，パワーエレクトロニクス，電動機応用，照明，電熱，電気化学，電気加工，自動制御，メカトロニクス並びに電力システムに関する情報伝送及び処理
法規(65 分)	電気法規（保安に関するものに限る。）及び電気施設管理

1-2.二次試験(記述方式)

二次試験は表２の２科目で実施されます。記述式で各科目とも問題を選択(電力・管理は６問中４問，機械・制御は４問中２問)し解答します。

表２ 二次試験科目と出題範囲

科目(試験時間)	出題範囲
電力・管理(120 分)	発電所及び変電所の設計及び運転，送電線路及び配電線路（屋内配線を含む。）の設計及び運用，電気施設管理
機械・制御(60 分)	電気機器、パワーエレクトロニクス、自動制御、メカトロニクス

2.試験内容

2-1.一次試験

多肢択一式のマークシート方式です。電験２種と異なり，A 問題よりも B 問題の配点が高いです。B 問題を解けるかどうかが合否に大きく影響します。

2-1-1.理論

配点 10 点の A 問題４題と配点 20 点の B 問題２題(ただし，２題中１題は選択式)の 80 点満点。

合格点は 48 点ですが，難しい場合は合格点が下がります。

一次試験では最も時間管理が必要な科目です。B 問題で難解な問題が出題されることもあり，A 問題の出来が良かったからといって油断していると，足元をすくわれる可能性があります。

2-1-2.電力

配点 10 点の A 問題 4 題と配点 20 点の B 問題 2 題の 80 点満点。

合格点は 48 点ですが，難しい場合は合格点が下がります。

一種では計算問題が二次試験で出題されるため，一次試験では計算問題が少なめです

2-1-3.機械

配点 10 点の A 問題 4 題と配点 20 点の B 問題 2 題(ただし，2 題中 1 題は選択式)の 80 点満点。

合格点は 48 点ですが，難しい場合は合格点が下がります。

出題範囲が最も広く，勉強時間を最も要する科目と言えます。

2-1-4.法規

配点 10 点の A 問題 4 題と配点 20 点の B 問題 2 題の 80 点満点。

合格点は 48 点ですが，難しい場合は合格点が下がります。（法規の場合は少ないです。）

時間が唯一 65 分ですが，記憶に頼る問題が多いため，時間的には余裕があります。また，難易度も二種三種と同等の科目となります。

2-2.二次試験

出題範囲は一次試験より狭いですが，その中でより深い知識と計算能力が要求されます。

合格点は 180 点中 108 点かつ各科目平均点以上。ただし，問題が難しい場合は，合格点が 105 点かつ各科目平均点-5 点以上→102 点かつ各科目平均点-5 点以上と 3 点刻みで下がります。

2-2-1.電力・管理

1 問あたり 30 点の問題を 6 問中 4 問選択する。120 点満点。

目安は一題あたり 30 分程度です。計算問題 3 問と論述問題 3 問が出題される場合と計算問題 2 問と論述問題 4 問が出題される場合があります。非常に計算量の多い計算問題も出題され，時間との勝負となる可能性もあります。

2-2-2.機械・制御

1 問あたり 30 点の問題を 4 問中 2 問選択する。60 点満点。

目安は一題あたり 30 分程度です。主に計算問題が出題され，時間が非常に短いです。選択する問題を瞬時に見極め，速やかに問題を解く必要があります。

3.試験日

一次試験：令和 6 年 8 月下旬

二次試験：令和 6 年 11 月中旬

4.一次試験の科目合格制度及び二次試験の一次試験免除制度

一次試験の結果は科目別に合否が決まり，4 科目すべてに合格すれば第 1 種試験の一次試験に合格となりますが，一部の科目だけ合格した場合には科目合格となって，翌年度及び翌々年度の試験では申請によりその科目の試験が免除されます。

つまり，3 年間で 4 科目の試験に合格すれば二次試験の受験資格が得られます。

二次試験は一次試験に合格した年度の二次試験に不合格となった場合は，翌年度の一次試験が免除されます。

収録年の合格点

本書に収録している年の合格点は表 3 の通りです。

平成 22 年から平成 26 年については 100 点満点換算に対する合格点となります。平成 27 年以降は 100 点満点換算ではなく，80 点満点に対する合格点となります。また，合格点ちょうどは合格となります。

表 3　各科目の合格点

	理論	電力	機械	法規
令和 5 年	48 点	48 点	48 点	48 点
令和 4 年	48 点	48 点	48 点	47 点
令和 3 年	48 点	48 点	48 点	48 点
令和 2 年	48 点	48 点	48 点	48 点
令和元年	39 点	47 点	47 点	47 点
平成 30 年	48 点	48 点	48 点	48 点
平成 29 年	42 点	47 点	47 点	42 点
平成 28 年	48 点	48 点	45 点	48 点
平成 27 年	42 点	45 点	42 点	45 点
平成 26 年	52.74 点	56.00 点	48.98 点	56.00 点
平成 25 年	49.36 点	60.00 点	59.79 点	60.00 点
平成 24 年	42.32 点	56.00 点	56.00 点	56.00 点
平成 23 年	57.00 点	60.00 点	60.00 点	59.43 点
平成 22 年	51.67 点	60.00 点	59.88 点	60.00 点

年度順　問題一覧

※電子書籍版では問題 NO.をクリックすると該当問題のページにジャンプできます。

令和５年

NO.	論点	分類
問１	平行平板コンデンサの電極に働く力に関する計算問題	電磁気
問２	ポインティングベクトルに関する計算問題	電磁気
問３	直流回路における等価回路への変換に関する計算問題	電気回路
問４	ラプラス変換を利用した電気回路の過渡現象に関する計算問題	電気回路
問５	不平衡三相負荷において線路を流れる電流及び消費電力に関する計算問題	電気回路
問６	半導体の熱電効果の原理及び導出に関する計算問題	電子理論
問７	演算増幅器を用いた回路に関する計算問題	電子理論

令和４年

NO.	論点	分類
問１	複素数を用いて２次元の電界を解析的に求める手法に関する計算問題	電磁気
問２	ファラデーの電磁誘導の法則に関する計算問題	電磁気
問３	Δ-Y 変換を用いた直流回路の合成抵抗に関する計算問題	電気回路
問４	不平衡三相交流回路の中性点電圧の導出に関する計算問題	電気回路
問５	電源を二つ含む RC 回路の過渡現象に関する計算問題	電気回路
問６	真空中において交流電界から力を受けた電子の運動に関する計算問題	電子理論
問７	エミッタ接地増幅回路とその小信号等価回路に関する計算問題	電子理論

令和３年

NO.	論点	分類
問１	誘電体の近くに存在する電荷による界面の状態に関する計算問題	電磁気
問２	２つのコイルを使用した環状鉄心のインダクタンスに関する計算問題	電磁気
問３	２端子対抵抗回路の電流，電圧に関する計算問題	電気回路
問４	抵抗とリアクトルを組み合わせた三相交流回路に関する計算問題	電気回路
問５	交流電源に接続した RL 直列回路の過渡現象に関する計算問題	電気回路
問６	ホール効果測定のメカニズムに関する計算問題	電子理論
問７	バイポーラトランジスタの電流増幅率に関する計算問題	電子理論

令和 2 年

NO.	論点	分類
問 1	円板状の電荷分布が作り出す電界に関する計算問題	電磁気
問 2	アンペア（アンペール）の周回積分の法則に関する計算問題	電磁気
問 3	直流回路を利用した 2 進数を出力する回路の電流に関する計算問題	電気回路
問 4	RL 並列回路における過渡現象に関する計算問題	電気回路
問 5	三相交流回路に対するテブナンの定理の適用に関する計算問題	電気回路
問 6	真空中の電子電流の外部印加電圧による制御に関する計算問題	電子理論
問 7	直流電流が流れる場合の演算増幅器を用いた回路に関する計算問題	電子理論

令和元年

NO.	論点	分類
問 1	リング状電荷が作る電界に関する計算問題	電磁気
問 2	磁界によって生じる力に関する計算問題	電磁気
問 3	直流回路に関する計算問題	電気回路
問 4	半導体 PIN ダイオードに関する計算問題	電子理論
問 5	不平衡三相負荷に関する計算問題	電気回路
問 6	電気回路の過渡現象に関する計算問題	電気回路
問 7	負帰還増幅回路に関する計算問題	電子理論

平成 30 年

NO.	論点	分類
問 1	円電流が作り出す磁束密度に関する計算問題	電磁気
問 2	非対称三相起電力を平衡三相負荷に接続した回路に関する計算問題	電気回路
問 3	回路の過渡現象に関する計算問題	電気回路
問 4	真空中の電界下で運動する単一電子による電流に関する計算問題	電子理論
問 5	直流電圧源に接続された 2 端子対抵抗回路に関する計算問題	電気回路
問 6	平行平板コンデンサに関する計算問題	電磁気
問 7	ウィーンブリッジ発振回路に関する計算問題	電子理論

平成 29 年

NO.	論点	分類
問 1	コイルに関する計算問題	電磁気

NO.	論点	分類
問 2	同軸円筒中の電界に関する計算問題	電磁気
問 3	回路の過渡現象に関する計算問題	電気回路
問 4	半導体の電気伝導に関する計算問題	電子理論
問 5	三相交流回路に関する計算問題	電気回路
問 6	2 端子対抵抗回路に関する計算問題	電気回路
問 7	トランジスタを用いた回路に関する計算問題	電子理論

平成 28 年

NO.	論点	分類
問 1	同心球コンデンサに関する計算問題	電磁気
問 2	ベクトルポテンシャルに関する計算問題	電磁気
問 3	直流回路の合成抵抗に関する計算問題	電気回路
問 4	電界内の電子の動きに関する計算問題	電子理論
問 5	三相交流回路に関する計算問題	電気回路
問 6	分布定数回路に関する計算問題	電気回路
問 7	演算増幅器を用いた回路に関する計算問題	電子理論

平成 27 年

NO.	論点	分類
問 1	誘電体中の静電界の基本性質に関する空欄穴埋問題	電磁気
問 2	磁気回路に関する計算問題	電磁気
問 3	テブナンの定理に関する計算問題	電気回路
問 4	npn バイポーラトランジスタに関する計算問題	電子理論
問 5	三相交流回路に関する計算問題	電気回路
問 6	分布定数回路に関する計算問題	電気回路
問 7	演算増幅器に関する計算問題	電子理論

平成 26 年

NO.	論点	分類
問 1	誘電体が挿入された平行平板コンデンサに関する空欄穴埋問題	電磁気
問 2	導体及び抵抗体周辺における電界・磁界に関する空欄穴埋問題	電磁気
問 3	直流回路に関する計算問題	電気回路

NO.	論点	分類
問 4	回路の過渡現象に関する計算問題	電気回路
問 5	三相交流回路に関する計算問題	電気回路
問 6	MIS 構造においてのしきい値に関する計算問題	電子理論
問 7	MOSFET と抵抗を用いた回路に関する計算問題	電子理論

平成 25 年

NO.	論点	分類
問 1	真空中の静電界に関する諸法則の微分形	電磁気
問 2	直流回路の電流計算(等価変換)に関する計算問題	電気回路
問 3	RC 回路に関する計算問題	電気回路
問 4	pn 接合ダイオードの電流に関する計算問題	電子理論
問 5	三相交流回路に関する計算問題	電気回路
問 6	電流が作る磁界に関する計算問題	電磁気
問 7	演算増幅器を用いた回路に関する計算問題	電子理論

平成 24 年

NO.	論点	分類
問 1	線電荷周囲の電界及び力の大きさに関する計算問題	電磁気
問 2	不平衡負荷のΔ-Y 変換を用いた直流回路の解法に関する計算問題	電気回路
問 3	分布定数回路を用いた無損失線路の計算に関する計算問題	電気回路
問 4	n チャネルの MOS トランジスタに関する計算問題	電子理論
問 5	不平衡負荷を接続した三相交流回路に関する計算問題	電気回路
問 6	環状鉄心の磁気回路に関する計算問題	電磁気
問 7	差動増幅回路の出力電圧に関する計算問題	電子理論

平成 23 年

NO.	論点	分類
問 1	相互インダクタンスに関する計算問題	電磁気
問 2	直流回路に関する計算問題	電気回路
問 3	三相回路に関する計算問題	電気回路
問 4	過渡現象に関する計算問題	電気回路
問 5	静電容量と接地抵抗に関する計算問題	電磁気

NO.	論点	分類
問 6	マイクロ波真空管に関する計算問題	電子理論
問 7	バイポーラトランジスタに関する計算問題	電子理論

平成 22 年

NO.	論点	分類
問 1	直線状の無限長導体に流れる電流が作る磁界に関する計算問題	電磁気
問 2	ミルマンの定理を用いた回路演算に関する計算問題	電気回路
問 3	分布定数回路における電流値の時間的変化に関する計算問題	電気回路
問 4	２極真空管の原理とその特徴に関する空欄穴埋問題	電子理論
問 5	中性線を含む不平衡三相交流回路に関する計算問題	電気回路
問 6	誘電体挿入時の平行平板コンデンサの特性に関する計算問題	電磁気
問 7	MOSFET を用いた直流で動作する回路に関する計算問題	電子理論

分野順　問題一覧

電磁気

NO.	論点
R05 問 1	平行平板コンデンサの電極に働く力に関する計算問題
R05 問 2	ポインティングベクトルに関する計算問題
R04 問 1	複素数を用いて 2 次元の電界を解析的に求める手法に関する計算問題
R04 問 2	ファラデーの電磁誘導の法則に関する計算問題
R03 問 1	誘電体の近くに存在する電荷による界面の状態に関する計算問題
R03 問 2	２つのコイルを使用した環状鉄心のインダクタンスに関する計算問題
R02 問 1	円板状の電荷分布が作り出す電界に関する計算問題
R02 問 2	アンペア（アンペール）の周回積分の法則に関する計算問題
R01 問 1	リング状電荷が作る電界に関する計算問題
R01 問 2	磁界によって生じる力に関する計算問題
H30 問 1	円電流が作り出す磁束密度に関する計算問題
H30 問 6	平行平板コンデンサに関する計算問題
H29 問 1	コイルに関する計算問題
H29 問 2	同軸円筒中の電界に関する計算問題
H28 問 1	同心球コンデンサに関する計算問題
H28 問 2	ベクトルポテンシャルに関する計算問題
H27 問 1	誘電体中の静電界の基本性質に関する空欄穴埋問題
H27 問 2	磁気回路に関する計算問題
H26 問 1	誘電体が挿入された平行平板コンデンサに関する空欄穴埋問題
H26 問 2	導体及び抵抗体周辺における電界・磁界に関する空欄穴埋問題
H25 問 1	真空中の静電界に関する諸法則の微分形
H25 問 6	電流が作る磁界に関する計算問題
H24 問 1	線電荷周囲の電界及び力の大きさに関する計算問題
H24 問 6	環状鉄心の磁気回路に関する計算問題
H23 問 1	相互インダクタンスに関する計算問題
H23 問 5	静電容量と接地抵抗に関する計算問題
H22 問 1	直線状の無限長導体に流れる電流が作る磁界に関する計算問題
H22 問 6	誘電体挿入時の平行平板コンデンサの特性に関する計算問題

電気回路

NO.	論点
R05 問 3	直流回路における等価回路への変換に関する計算問題
R05 問 4	ラプラス変換を利用した電気回路の過渡現象に関する計算問題
R05 問 5	不平衡三相負荷において線路を流れる電流及び消費電力に関する計算問題
R04 問 3	Δ-Y 変換を用いた直流回路の合成抵抗に関する計算問題
R04 問 4	不平衡三相交流回路の中性点電圧の導出に関する計算問題
R04 問 5	電源を二つ含む RC 回路の過渡現象に関する計算問題
R03 問 3	２端子対抵抗回路の電流，電圧に関する計算問題
R03 問 4	抵抗とリアクトルを組み合わせた三相交流回路に関する計算問題
R03 問 5	交流電源に接続した RL 直列回路の過渡現象に関する計算問題
R02 問 3	直流回路を利用した２進数を出力する回路の電流に関する計算問題
R02 問 4	RL 並列回路における過渡現象に関する計算問題
R02 問 5	三相交流回路に対するテブナンの定理の適用に関する計算問題
R01 問 3	直流回路に関する計算問題
R01 問 5	不平衡三相負荷に関する計算問題
R01 問 6	電気回路の過渡現象に関する計算問題
H30 問 2	非対称三相起電力を平衡三相負荷に接続した回路に関する計算問題
H30 問 3	回路の過渡現象に関する計算問題
H30 問 5	直流電圧源に接続された２端子対抵抗回路に関する計算問題
H29 問 3	回路の過渡現象に関する計算問題
H29 問 5	三相交流回路に関する計算問題
H29 問 6	２端子対抵抗回路に関する計算問題
H28 問 3	直流回路の合成抵抗に関する計算問題
H28 問 5	三相交流回路に関する計算問題
H28 問 6	分布定数回路に関する計算問題
H27 問 3	テブナンの定理に関する計算問題
H27 問 5	三相交流回路に関する計算問題

NO.	論点
H27 問 6	分布定数回路に関する計算問題
H26 問 3	直流回路に関する計算問題
H26 問 4	回路の過渡現象に関する計算問題
H26 問 5	三相交流回路に関する計算問題
H25 問 2	直流回路の電流計算(等価変換)に関する計算問題
H25 問 3	RC 回路に関する計算問題
H25 問 5	三相交流回路に関する計算問題
H24 問 2	不平衡負荷のΔ-Y 変換を用いた直流回路の解法に関する計算問題
H24 問 3	分布定数回路を用いた無損失線路の計算に関する計算問題
H24 問 5	不平衡負荷を接続した三相交流回路に関する計算問題
H23 問 2	直流回路に関する計算問題
H23 問 3	三相回路に関する計算問題
H23 問 4	過渡現象に関する計算問題
H22 問 2	ミルマンの定理を用いた回路演算に関する計算問題
H22 問 3	分布定数回路における電流値の時間的変化に関する計算問題
H22 問 5	中性線を含む不平衡三相交流回路に関する計算問題

電子理論

NO.	論点
R05 問 6	半導体の熱電効果の原理及び導出に関する計算問題
R05 問 7	演算増幅器を用いた回路に関する計算問題
R04 問 6	真空中において交流電界から力を受けた電子の運動に関する計算問題
R04 問 7	エミッタ接地増幅回路とその小信号等価回路に関する計算問題
R03 問 6	ホール効果測定のメカニズムに関する計算問題
R03 問 7	バイポーラトランジスタの電流増幅率に関する計算問題
R02 問 6	真空中の電子電流の外部印加電圧による制御に関する計算問題
R02 問 7	直流電流が流れる場合の演算増幅器を用いた回路に関する計算問題
R01 問 4	半導体 PIN ダイオードに関する計算問題

NO.	論点
R01 問 7	負帰還増幅回路に関する計算問題
H30 問 4	真空中の電界下で運動する単一電子による電流に関する計算問題
H30 問 7	ウィーンブリッジ発振回路に関する計算問題
H29 問 4	半導体の電気伝導に関する計算問題
H29 問 7	トランジスタを用いた回路に関する計算問題
H28 問 4	電界内の電子の動きに関する計算問題
H28 問 7	演算増幅器を用いた回路に関する計算問題
H27 問 4	npn バイポーラトランジスタに関する計算問題
H27 問 7	演算増幅器に関する計算問題
H26 問 6	MIS 構造においてのしきい値に関する計算問題
H26 問 7	MOSFET と抵抗を用いた回路に関する計算問題
H25 問 4	pn 接合ダイオードの電流に関する計算問題
H25 問 7	演算増幅器を用いた回路に関する計算問題
H24 問 4	n チャネルの MOS トランジスタに関する計算問題
H24 問 7	差動増幅回路の出力電圧に関する計算問題
H23 問 6	マイクロ波真空管に関する計算問題
H23 問 7	バイポーラトランジスタに関する計算問題
H22 問 7	MOSFET を用いた直流で動作する回路に関する計算問題

本書の特長

本書は４科目に分けて掲載し，更に科目の中では年毎に問題を掲載しています。全体構成については目次をご参照ください。

各問題では，最初に５段階の**① 難易度**を示しています。問題文の下には**② 正答チェック表**を付けています。正答チェック表では問題を複数回解いていくうえでできるだけ演習時間をセーブするように，過去の自身の解答の出来を記録できるようにしています。使い方はお任せしますが，一例として編者は以下のマークを使っていました。ご参考までに。

◎：スムーズに解けた

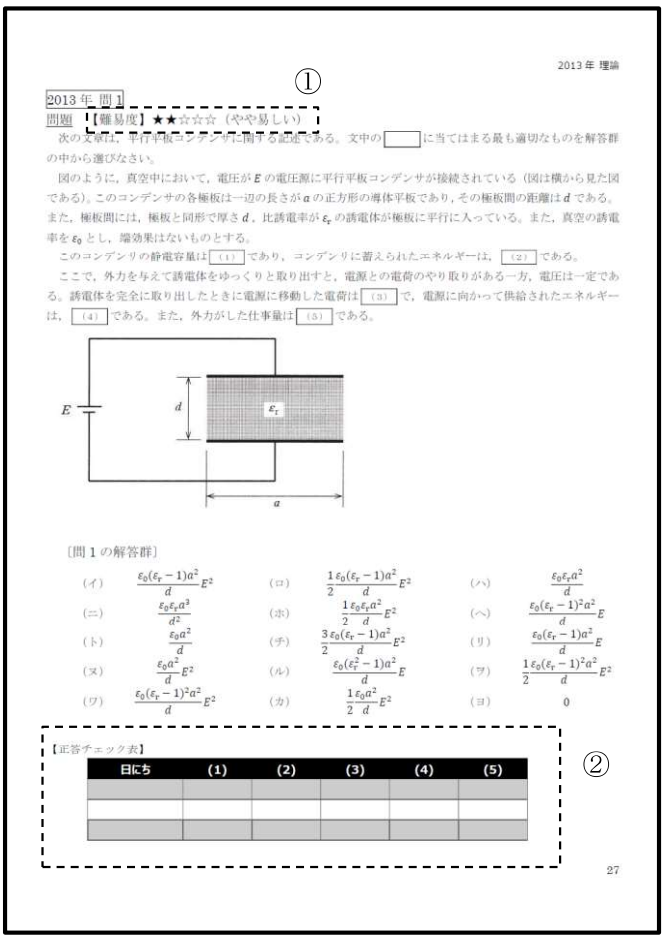
○：少し悩んだが解けた

△：勘で解けた

×：解けなかった

解説の前には，小問のエッセンス部分を中心に問題を解くうえでの**③ ワンポイント解説**を掲載しています。解答に行き詰まってしまった場合は，当該小問のワンポイント解説だけを読んで，問題を解き直すのも１つの方法です。

最後に**④ 解説**を掲載しています。問題を解くうえでエッセンスとなるワンポイント解説以外に，知っておくと便利なことや，更に基本的な事項について一言形式で独立的に簡易解説をしています。



2013年 理論

①

2013年 問1

問題 【難易度】★★☆☆☆（やや易しい）

次の文章は，平行平板コンデンサに関する説明である。文中の［　］に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選びなさい。

図のように，真空中において，電圧が E の電圧源に平行平板コンデンサが接続されている（図は横から見た図である）。このコンデンサの各極板は一辺の長さが a の正方形の導体平板であり，その極板間の距離は d である。また，極板間には，極板と同形で厚さ d，比誘電率が ε_r の誘電体が極板に平行に入っている。また，真空の誘電率を ε_0 とし，端効果はないものとする。

このコンデンサの静電容量は［(1)］であり，コンデンサに蓄えられたエネルギーは，［(2)］である。

ここで，外力を与えて誘電体をゆっくりと取り出すと，電源との電荷のやり取りがある一方，電圧は一定である。誘電体を完全に取り出したときに電源に移動した電荷は［(3)］で，電源に向かって供給されたエネルギーは，［(4)］である。また，外力がした仕事量は［(5)］である。

［問１の解答群］

(イ) $\frac{\varepsilon_0(\varepsilon_r-1)a^2}{d}E^2$　(ロ) $\frac{1}{2}\frac{\varepsilon_0(\varepsilon_r-1)a^2}{d}E^2$　(ハ) $\frac{\varepsilon_0\varepsilon_r a^2}{d}$

(ニ) $\frac{\varepsilon_0\varepsilon_r a^3}{d^2}$　(ホ) $\frac{1}{2}\frac{\varepsilon_0\varepsilon_r a^2}{d}E^2$　(ヘ) $\frac{\varepsilon_0(\varepsilon_r-1)^2a^2}{d}E$

(ト) $\frac{\varepsilon_0 a^2}{d}$　(チ) $\frac{3}{2}\frac{\varepsilon_0(\varepsilon_r-1)a^2}{d}E^2$　(リ) $\frac{\varepsilon_0(\varepsilon_r-1)a^2}{d}E$

(ヌ) $\frac{\varepsilon_0 a^2}{d}E^2$　(ル) $\frac{\varepsilon_0(\varepsilon_r^2-1)a^2}{d}E$　(ヲ) $\frac{1}{2}\frac{\varepsilon_0(\varepsilon_r-1)^2a^2}{d}E^2$

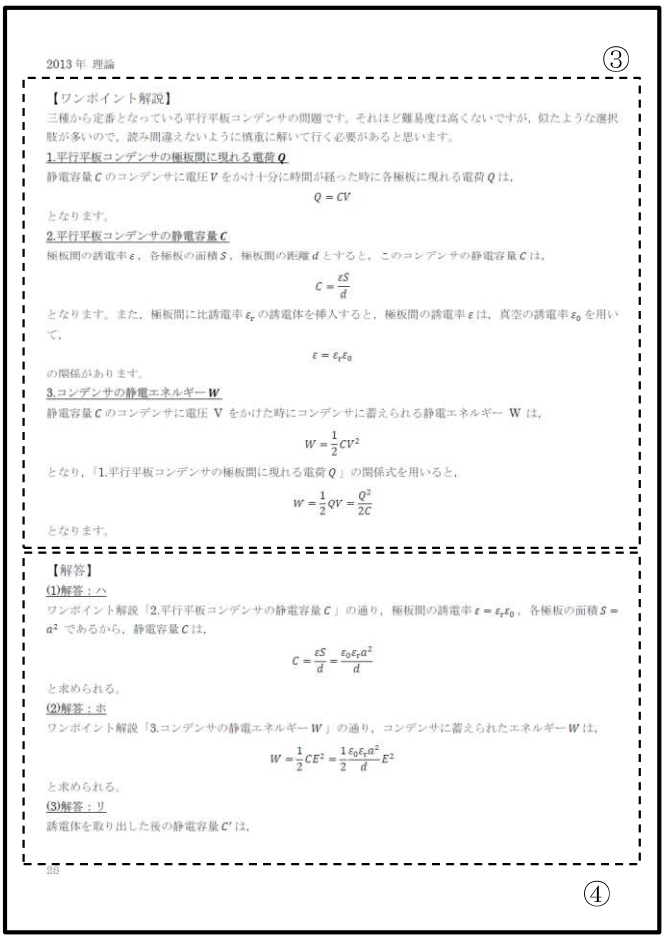
(ワ) $\frac{\varepsilon_0(\varepsilon_r-1)^2a^2}{d}E^2$　(カ) $\frac{1}{2}\frac{\varepsilon_0 a^2}{d}E^2$　(ヨ) 0

【正答チェック表】

日にち	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

②

27



2013年 理論

③

【ワンポイント解説】

三種から定番となっている平行平板コンデンサの問題です。それほど難易度は高くないですが，似たような選択肢が多いので，読み間違えないように慎重に解いて行く必要があると思います。

1.平行平板コンデンサの極板間に現れる電荷 Q

静電容量 C のコンデンサに電圧 V をかけ十分に時間が経った時に各極板に現れる電荷 Q は，

$$Q = CV$$

となります。

2.平行平板コンデンサの静電容量 C

極板間の誘電率 ε，各極板の面積 S，極板間の距離 d とすると，このコンデンサの静電容量 C は，

$$C = \frac{\varepsilon S}{d}$$

となります。また，極板間に比誘電率 ε_r の誘電体を挿入すると，極板間の誘電率 ε は，真空の誘電率 ε_0 を用いて，

$$\varepsilon = \varepsilon_r\varepsilon_0$$

の関係があります。

3.コンデンサの静電エネルギー W

静電容量 C のコンデンサに電圧 V をかけた時にコンデンサに蓄えられる静電エネルギー W は，

$$W = \frac{1}{2}CV^2$$

となり，「1.平行平板コンデンサの極板間に現れる電荷 Q」の関係式を用いると，

$$W = \frac{1}{2}QV = \frac{Q^2}{2C}$$

となります。

【解答】

(1)解答：ハ

ワンポイント解説「2.平行平板コンデンサの静電容量 C」の通り，極板間の誘電率 $\varepsilon = \varepsilon_r\varepsilon_0$，各極板の面積 $S = a^2$ であるから，静電容量 C は，

$$C = \frac{\varepsilon S}{d} = \frac{\varepsilon_0\varepsilon_r a^2}{d}$$

と求められる。

(2)解答：ホ

ワンポイント解説「3.コンデンサの静電エネルギー W」の通り，コンデンサに蓄えられたエネルギー W は，

$$W = \frac{1}{2}CE^2 = \frac{1}{2}\frac{\varepsilon_0\varepsilon_r a^2}{d}E^2$$

と求められる。

(3)解答：リ

誘電体を取り出した後の静電容量 C' は，

28

④

理 論

令和５年 問１

問題　【難易度】★★★☆☆（普通）

次の文章は，平行平板コンデンサの電極に働く力に関する記述である。文中の［　　］に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

平行平板コンデンサの２枚の電極間の距離が x のとき，静電容量が C であるとする。このとき，仮想変位法を用いて，電極間の距離を $\mathrm{d}x$ だけ微小に広げることにより，電極に働く力 F を求めることを考える。なお，C，F は x の関数である。

まず，電極間の距離を $\mathrm{d}x$ だけ広げるためにコンデンサがした力学的仕事は，$F\mathrm{d}x$ で表される。これにより，コンデンサに蓄えられた電界のエネルギー W_E が，$\mathrm{d}W_\mathrm{E}$ だけ増えるとする。

ここで，次の二つの場合について考える。

(a)　定電荷の場合

２枚の電極にそれぞれ $+Q$，$-Q$ $(Q>0)$ の電荷を与え，電極を電源に接続していないとする。エネルギー保存則により，$\mathrm{d}W_\mathrm{E}$ と $F\mathrm{d}x$ との間に $\mathrm{d}W_\mathrm{E}+F\mathrm{d}x=0$ の関係が成り立つ。W_E を C，Q で表すと［（１）］であるので，$F=-\dfrac{\mathrm{d}W_\mathrm{E}}{\mathrm{d}x}$ を計算すれば，力 F が［（２）］と求められる。

(b)　定電圧の場合

２枚の電極を電圧 V $(V>0)$ の定電圧源に接続しているとする。電極間の距離を $\mathrm{d}x$ だけ広げることによる静電容量の変化を $\mathrm{d}C$ とするとき，電極に存在する電荷の大きさの変化は $\mathrm{d}Q=V\mathrm{d}C$ となる。また，コンデンサから電源に流入したエネルギーは，$\mathrm{d}W_\mathrm{S}=-V\mathrm{d}Q=-V^2\mathrm{d}C$ となる。

一方，コンデンサに蓄えられた電界のエネルギーを C，V で表すと，$W_\mathrm{E}=\dfrac{CV^2}{2}$ であり，その変化 $\mathrm{d}W_\mathrm{E}$ は［（３）］である。

エネルギー保存則により，$\mathrm{d}W_\mathrm{E}$，$\mathrm{d}W_\mathrm{S}$ と $F\mathrm{d}x$ との間には，$\mathrm{d}W_\mathrm{E}+\mathrm{d}W_\mathrm{S}+F\mathrm{d}x=0$ の関係が成り立つ。よって，力 F は［（４）］と求められる。

ここで，電極間の距離が x のときに(a)の電荷 Q と(b)の電圧 V の間に $V=\dfrac{Q}{C}$ が成立する場合，(a)と(b)からそれぞれ求めた力 F を比較すると，［（５）］ことが分かる。

〔問１の解答群〕

（イ）	$\dfrac{V^2}{3}\mathrm{d}C$	（ロ）	$\dfrac{Q^2}{C^2}\dfrac{\mathrm{d}C}{\mathrm{d}x}$	（ハ）	$\dfrac{Q^2}{2C}$
（ニ）	$\dfrac{Q^2}{C}$	（ホ）	$\dfrac{V^2}{2}\mathrm{d}C$	（ヘ）	$V^2\dfrac{\mathrm{d}C}{\mathrm{d}x}$
（ト）	$\dfrac{Q^2}{2C^2}\dfrac{\mathrm{d}C}{\mathrm{d}x}$	（チ）	$\dfrac{Q^2}{3C^2}\dfrac{\mathrm{d}C}{\mathrm{d}x}$	（リ）	$\dfrac{V^2}{2}\dfrac{\mathrm{d}C}{\mathrm{d}x}$
（ヌ）	$V^2\mathrm{d}C$	（ル）	$\dfrac{V^2}{3}\dfrac{\mathrm{d}C}{\mathrm{d}x}$	（ヲ）	$\dfrac{Q^2}{3C}$

（ワ）　定電圧源に接続されている方が強い力が働く

（カ）　定電圧源に接続されていない方が強い力が働く

（ヨ）　定電圧源に接続されているかどうかに関わらず同じ力が働く

【正答チェック表】

日にち	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

【ワンポイント解説】

コンデンサの電極に働く力が条件の異なる場合にどのようになるかを求める問題です。

公式自体は３種の頃から使用している公式ばかりですが，微分積分の扱いにやや迷う問題であるかなと思います。

１種では本問のようにその場で考えさせる問題が多く出題されますので，問題慣れするようにしておきましょう。

1.平行平板コンデンサの静電エネルギー W

平行平板コンデンサの静電エネルギー W [J] は，静電容量 C [F] 及びコンデンサに加わる電圧が V [V] であるとき，

$$W = \frac{1}{2}CV^2$$

であり，蓄えられる電荷 Q [C] が $Q = CV$ であることから，

$$W = \frac{1}{2}QV = \frac{Q^2}{2C}$$

となります。

【解答】

(1)解答：ハ

コンデンサに蓄えられるエネルギー W_E は，ワンポイント解説「1.平行平板コンデンサの静電エネルギー W」の通り，

$$W_\mathrm{E} = \frac{Q^2}{2C}$$

と求められる。

(2)解答：ト

(1)解答式の両辺を C で微分すると，

$$\frac{\mathrm{d}W_\mathrm{E}}{\mathrm{d}C} = -\frac{Q^2}{2C^2}$$

であるので，

$$\begin{aligned} F &= -\frac{\mathrm{d}W_\mathrm{E}}{\mathrm{d}x} \\ &= -\frac{\mathrm{d}W_\mathrm{E}}{\mathrm{d}C}\cdot\frac{\mathrm{d}C}{\mathrm{d}x} \\ &= -\left(-\frac{Q^2}{2C^2}\right)\cdot\frac{\mathrm{d}C}{\mathrm{d}x} \\ &= \frac{Q^2}{2C^2}\frac{\mathrm{d}C}{\mathrm{d}x} \end{aligned}$$

と求められる。

(3)解答：ホ

$W_\mathrm{E} = \frac{CV^2}{2}$ の両辺を C で微分すると，

$$\frac{\mathrm{d}W_\mathrm{E}}{\mathrm{d}C} = \frac{V^2}{2}$$

となるので，

$$\mathrm{d}W_\mathrm{E} = \frac{V^2}{2}\mathrm{d}C$$

と求められる。

(4)解答：リ

$\mathrm{d}W_\mathrm{E} + \mathrm{d}W_\mathrm{S} + F\mathrm{d}x = 0$ に(3)解答式及び $\mathrm{d}W_\mathrm{S} = -V^2\mathrm{d}C$ を代入すると，

$$\begin{aligned} \frac{V^2}{2}\mathrm{d}C - V^2\mathrm{d}C + F\mathrm{d}x &= 0 \\ F\mathrm{d}x &= \frac{V^2}{2}\mathrm{d}C \\ F &= \frac{V^2}{2}\frac{\mathrm{d}C}{\mathrm{d}x} \end{aligned}$$

と求められる。

(5)解答：ヨ

(4)解答式に $V = \frac{Q}{C}$ を代入すると，

$$F = \frac{Q^2}{2C^2}\frac{\mathrm{d}C}{\mathrm{d}x}$$

となり，これは(2)解答式と一致する。したがって，**定電圧源に接続されているかどうかに関わらず同じ力が働く。**

令和５年 問２

問題　【難易度】★★★★☆（やや難しい）

次の文章は，ポインティングベクトルに関する記述である。文中の［　　］に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

誘電率，透磁率及び導電率がそれぞれ ε，μ 及び σ で一様な微小領域 V を想定する。V 内において電界及び磁界は一様であり，時刻 t における電界ベクトルが $\vec{E}$，磁界ベクトルが $\vec{H}$ であるとき，V 内の単位体積当たりの電磁界エネルギー u は［（１）］と表される。

ここで，$\sigma = 0$ のとき，u の単位時間当たりの変化量 $\frac{\partial u}{\partial t}$ は，単位面積当たりのエネルギーの流れ $\vec{S}$ を用いて $\frac{\partial u}{\partial t} =$［（２）］と表される。$\vec{S}$ はポインティングベクトルと呼ばれ，$\vec{S} =$［（３）］と表される。$\vec{E}$ 及び $\vec{H}$ が直交座標系 (x, y, z) において，それぞれ $\vec{E} = (E_x, 0, 0)$，$\vec{H} = (0, H_y, 0)$ と表されるとき，$\vec{S}$ は［（４）］軸と平行である。

また，$\sigma \neq 0$ のときは，$\frac{\partial u}{\partial t} =$［（２）］－［（５）］と表される。

〔問２の解答群〕

（イ）	$\vec{E} \cdot \vec{H}$	（ロ）	$\vec{H} \times \vec{E}$	（ハ）	$\sigma\lvert\vec{E}\rvert^2$
（ニ）	$-\nabla \cdot \vec{S}$	（ホ）	$\vec{E} \times \vec{H}$	（ヘ）	x
（ト）	$\sigma\vec{E} \cdot \vec{H}$	（チ）	$\nabla \cdot \vec{S}$	（リ）	$\frac{1}{2}\sigma\lvert\vec{E}\rvert^2 + \frac{1}{2}\mu\lvert\vec{H}\rvert^2$
（ヌ）	$\frac{1}{2}\varepsilon\lvert\vec{E}\rvert^2 + \frac{1}{2}\mu\lvert\vec{H}\rvert^2$	（ル）	$\frac{1}{2}\vec{E} \cdot \vec{H}$	（ヲ）	y
（ワ）	$\nabla \times \vec{S}$	（カ）	$\sigma\lvert\vec{E}\rvert$	（ヨ）	z

【正答チェック表】

日にち	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

【ワンポイント解説】

ポインティングベクトルの演算に関する問題です。電磁気学の教科書には掲載されている内容ですが，２種までの電験のテキストにはまず掲載されていない内容なので，厳しい問題であったかと思います。ポインティングベクトルは電磁波のエネルギーの流れのようなもので，この定義は理解しておくようにしましょう。

1. grad（勾配）

数学における grad（勾配）は，

$$\mathrm{grad}V = \nabla V = \left(\frac{\partial V}{\partial x}, \frac{\partial V}{\partial y}, \frac{\partial V}{\partial z}\right)$$

で定義されます。∇ は数学で $\nabla = \frac{\partial}{\partial x}\boldsymbol{i} + \frac{\partial}{\partial y}\boldsymbol{j} + \frac{\partial}{\partial z}\boldsymbol{k}$ で定義される演算子です。

（$\boldsymbol{i}$，$\boldsymbol{j}$，$\boldsymbol{k}$ は x 軸，y 軸，z 軸の単位ベクトルです）

㊟ ∂を用いて表される微分は偏微分といいます。例えば，E_zが変数x, y, zの関数で表されたとき，$\frac{\partial E_z}{\partial y}$は$y$以外の変数を定数として$E_z$を$y$で微分をすることを意味します。つまり$E_z = 2xy + \frac{1}{3}y^2 z$とすると，

$$\frac{\partial E_z}{\partial y} = 2x + \frac{2}{3}yz$$

となります。

㊟ ∇は「ナブラ」と読み，∇は，

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial x}\boldsymbol{i} + \frac{\partial}{\partial y}\boldsymbol{j} + \frac{\partial}{\partial z}\boldsymbol{k}$$

$$= \frac{\partial}{\partial x}(1,0,0) + \frac{\partial}{\partial y}(0,1,0) + \frac{\partial}{\partial z}(0,0,1)$$

$$= \left(\frac{\partial}{\partial x}, 0, 0\right) + \left(0, \frac{\partial}{\partial y}, 0\right) + \left(0, 0, \frac{\partial}{\partial z}\right)$$

$$= \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z}\right)$$

と表されます。したがって，∇Vは，

$$\nabla V = \left(\frac{\partial V}{\partial x}, \frac{\partial V}{\partial y}, \frac{\partial V}{\partial z}\right)$$

と計算されます。

2. div（発散）

数学における div（発散）は，

$$\mathrm{div}\boldsymbol{E} = \frac{\partial E_x}{\partial x} + \frac{\partial E_y}{\partial y} + \frac{\partial E_z}{\partial z}$$

で定義され，内積を用いて表すと，

$$\mathrm{div}\boldsymbol{E} = \nabla \cdot \boldsymbol{E}$$

となります。

㊟ div$\boldsymbol{E}$と$\nabla \cdot \boldsymbol{E}$は同じくスカラー量です。

また，div$\boldsymbol{E}$，

$$\mathrm{div}\boldsymbol{E} = \nabla \cdot \boldsymbol{E}$$

$$= \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z}\right) \cdot (E_x, E_y, E_z)$$

$$= \frac{\partial E_x}{\partial x} + \frac{\partial E_y}{\partial y} + \frac{\partial E_z}{\partial z}$$

と計算されます。

3. rot（回転）

数学における rot（回転）は，

$$\mathrm{rot}\boldsymbol{E} = \left(\frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z}, \frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x}, \frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y}\right)$$

で定義され，外積を用いて表すと，

$$\mathrm{rot}\boldsymbol{E} = \nabla \times \boldsymbol{E} = \begin{vmatrix} \boldsymbol{i} & \boldsymbol{j} & \boldsymbol{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ E_x & E_y & E_z \end{vmatrix}$$

となります。

㊟

$$\mathrm{rot}\boldsymbol{E} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{i} & \boldsymbol{j} & \boldsymbol{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ E_x & E_y & E_z \end{bmatrix}$$

は行列式の要素に単位ベクトルが含まれる形で表されています。一部を抜き出して説明すると

$$\boldsymbol{i}\frac{\partial}{\partial y}E_z = (1,0,0)\frac{\partial}{\partial y}E_z = \left(\frac{\partial}{\partial y}E_z, 0, 0\right)$$

となり，全てを計算すると

$$\mathrm{rot}\boldsymbol{E} = \left(\frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z}, \frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x}, \frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y}\right)$$

となります。

4.マクスウェル方程式(微分形)

電磁気における各性質を４つの式にまとめたものです。

$$\mathrm{div}\boldsymbol{D} = \rho \quad \Leftrightarrow \quad \nabla \cdot \boldsymbol{D} = \rho$$

$$\mathrm{div}\boldsymbol{B} = 0 \quad \Leftrightarrow \quad \nabla \cdot \boldsymbol{B} = 0$$

$$\mathrm{rot}\boldsymbol{H} = i + \frac{\partial \boldsymbol{D}}{\partial t} \quad \Leftrightarrow \quad \nabla \times \boldsymbol{H} = i + \frac{\partial \boldsymbol{D}}{\partial t}$$

$$\mathrm{rot}\boldsymbol{E} = -\frac{\partial \boldsymbol{B}}{\partial t} \quad \Leftrightarrow \quad \nabla \times \boldsymbol{E} = -\frac{\partial \boldsymbol{B}}{\partial t}$$

5.ポインティングベクトル

ポインティングベクトルは電界$\vec{E}$及び磁界$\vec{H}$の外

積で定義される物理量で，電磁エネルギーの流れの向きとなり，電界と磁界の向きが与えられているとすると，図１の通り，その両方の成分と直角の向きとなります。電界から磁界に向かって右ねじを回すとき，右ねじが進む向きがポインティングベクトルの向きとなります。

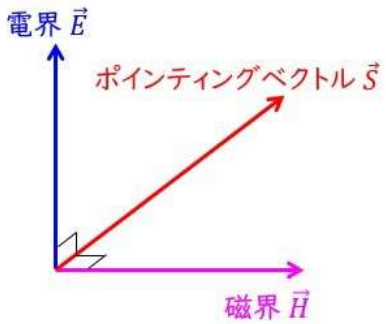


図１

6.エネルギー密度 w

一様電界中の電界の大きさが $\boldsymbol{E}$ [V/m]，電束密度が $\boldsymbol{D}$ [C/m^2]，誘電率が ε [F/m] であるとき，静電エネルギー密度 w_{e} [J/m^3] は，

$$\begin{aligned} w_{\mathrm{e}} &= \frac{1}{2}\boldsymbol{D}\cdot\boldsymbol{E} \\ &= \frac{1}{2}\varepsilon|\boldsymbol{E}|^2 \end{aligned}$$

で求められます。また，一様磁界中の磁界の大きさ $\boldsymbol{H}$ [A/m]，磁束密度が $\boldsymbol{B}$ [T]，誘電率が μ [H/m] であるとき，磁気エネルギー密度 w_{h} [J/m^3] は，

$$\begin{aligned} w_{\mathrm{h}} &= \frac{1}{2}\boldsymbol{H}\cdot\boldsymbol{B} \\ &= \frac{1}{2}\mu|\boldsymbol{H}|^2 \end{aligned}$$

で求められます。

【解答】

(1)解答：ヌ

ワンポイント解説「6.エネルギー密度 w」の通り，単位体積当たりの電磁界エネルギー u は，

$$u = \frac{1}{2}\varepsilon|\vec{E}|^2 + \frac{1}{2}\mu|\vec{H}|^2$$

で求められる。

(2)解答：ニ

(1)解答式より，一様な電界及び磁界においては，

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} &= \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{1}{2}\varepsilon|\vec{E}|^2 + \frac{1}{2}\mu|\vec{H}|^2\right) \\ &= \varepsilon\vec{E}\cdot\frac{\partial\vec{E}}{\partial t} + \mu\vec{H}\cdot\frac{\partial\vec{H}}{\partial t} \\ &= \vec{E}\cdot\frac{\partial\vec{D}}{\partial t} + \vec{H}\cdot\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} \end{aligned}$$

と変形でき，ワンポイント解説「4.マクスウェル方程式(微分形)」より，$\sigma = 0$ においては $i = 0$ となるので，

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \vec{E}\cdot\nabla\times\vec{H} - \vec{H}\cdot\nabla\times\vec{E}$$

となる。ここで，数学のベクトルの公式 $\nabla(\vec{E}\times\vec{H}) = \vec{H}\cdot\nabla\times\vec{E} - \vec{E}\cdot\nabla\times\vec{H}$ を用いると，

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} &= -\nabla(\vec{E}\times\vec{H}) \\ &= -\nabla\vec{S} \end{aligned}$$

となる。

※試験においては，本導出は不要で覚えておく内容となります。

(3)解答：ホ

ワンポイント解説「5.ポインティングベクトル」の通り，$\vec{S} = \underline{\vec{\boldsymbol{E}}\times\vec{\boldsymbol{H}}}$ となる。

(4)解答：ヨ

ワンポイント解説「5.ポインティングベクトル」の通り，$\vec{E}$ が x 軸方向及び $\vec{H}$ が y 軸方向なので，$\vec{S}$ が $\underline{z}$ 軸方向となる。

(5)解答：ハ

$\sigma \neq 0$ のときは，電流密度 $\vec{J} = \sigma\vec{E}$ の関係があるので，u の単位時間当たりの変化量は，

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} &= -\nabla\vec{B} - \vec{J}\vec{E} \\ &= -\nabla\vec{S} - \sigma|\vec{E}|^2 \end{aligned}$$

と求められる。

令和５年 問３

問題　【難易度】★☆☆☆☆（易しい）

次の文章は直流回路の等価回路に関する記述である。文中の［　　］に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

図１に示す直流電圧源と抵抗とスイッチからなる回路を考える。図２は，図１の等価回路である。

図１と図２の回路のスイッチを開いたとき，端子ａの電位は等しいので電源電圧 $E =$ ［（１）］となる。端子ａと大地の間の抵抗も等しいので抵抗 $R_1 =$ ［（２）］となる。回路の消費電力が等しいので抵抗 $R_2 =$ ［（３）］となる。

次に，図１と図２の回路のスイッチを閉じて回路に同じ負荷抵抗 R_L を接続すると，R_L を流れる電流 I は同じ値となる。このとき，図１の直流電圧源を流れる電流 I_1 と，図２の直流電圧源を流れる電流 I_2 を求めると，$I_1 =$ ［（４）］，$I_2 =$ ［（５）］となる。I_1 と I_2 の値から，負荷抵抗 R_L が同じなら図１と図２の回路が消費する電力は等しいことが分かる。

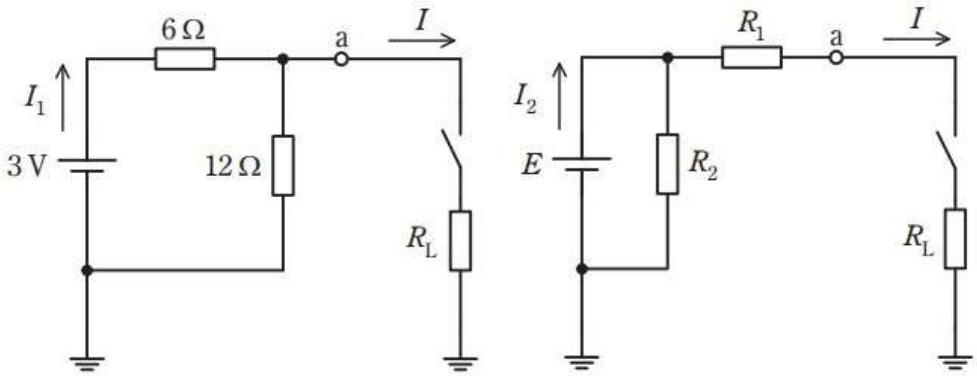


図１　　図２

〔問３の解答群〕

（イ）	$\frac{1}{6}\times\frac{12+R_L}{4+R_L}$ [A]	（ロ）	$\frac{7}{4}\times\frac{6+R_L}{4+R_L}$ [A]	（ハ）	$\frac{5}{2}\times\frac{8+R_L}{4+R_L}$ [A]
（ニ）	$\frac{5}{3}\times\frac{8+R_L}{4+R_L}$ [A]	（ホ）	$\frac{7}{6}\times\frac{6+R_L}{4+R_L}$ [A]	（ヘ）	$\frac{1}{4}\times\frac{12+R_L}{4+R_L}$ [A]
（ト）	7 Ω	（チ）	2 V	（リ）	5 Ω
（ヌ）	9 Ω	（ル）	6 V	（ヲ）	3 Ω
（ワ）	12 V	（カ）	4 Ω	（ヨ）	8 Ω

【正答チェック表】

日にち	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

【ワンポイント解説】

直流回路における等価回路への変換に関する問題です。

３種の頃に学習した分圧・分流の法則，合成抵抗，等の回路演算を駆使すれば完答を狙える問題となります。合格のためにはできれば完答しておきたい問題です。

【解答】

(1)解答：チ

図１の回路において，スイッチを開いたとき，端子 a の電位 V_{a} [V] は，分圧の法則より，

$$V_{\mathrm{a}} = \frac{12}{6+12} \times 3 = 2 \text{ [V]}$$

となり，図２の回路において，スイッチを開いたとき，端子 a の電位は R_1 に電流が流れないため $V_{\mathrm{a}} = E$ [V] となる。よって，図１と図２の回路のスイッチを開いたとき，端子 a の電位は等しいので，

$$E = V_{\mathrm{a}} = 2 \text{ [V]}$$

と求められる。

(2)解答：カ

図１において，電圧源を短絡し端子 a から電源側をみたときの抵抗 R_0 [Ω] は，

$$R_0 = \frac{12 \times 6}{12+6} = 4 \text{ [Ω]}$$

であり，図２において，電圧源を短絡し端子 a から電源側をみたときの抵抗は R_1 [Ω] である。したがって，図１と図２の端子 a から電源側をみたときの抵抗は等しいので，

$$R_1 = R_0 = 4 \text{ [Ω]}$$

と求められる。

(3)解答：ヨ

図１での消費電力 P [W] は，

$$P = \frac{3^2}{6+12} = 0.5 \text{ [W]}$$

であり，これが図２の消費電力と等しいので，

$$P = \frac{E^2}{R_2}$$

$$0.5 = \frac{2^2}{R_2}$$

$$R_2 = \frac{2^2}{0.5} = 8 \text{ [Ω]}$$

と求められる。

(4)解答：イ

図１の回路の合成抵抗 R_1' [Ω] は，

$$\begin{aligned} R_1' &= 6 + \frac{12R_{\mathrm{L}}}{12+R_{\mathrm{L}}} \\ &= \frac{6(12+R_{\mathrm{L}}) + 12R_{\mathrm{L}}}{12+R_{\mathrm{L}}} \\ &= \frac{72+18R_{\mathrm{L}}}{12+R_{\mathrm{L}}} \\ &= \frac{18(4+R_{\mathrm{L}})}{12+R_{\mathrm{L}}} \end{aligned}$$

であるから，直流電圧源を流れる電流 I_1 [A] は，

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{3}{R_1'} \\ &= \frac{3}{\frac{18(4+R_{\mathrm{L}})}{12+R_{\mathrm{L}}}} \\ &= \frac{3(12+R_{\mathrm{L}})}{18(4+R_{\mathrm{L}})} \\ &= \frac{12+R_{\mathrm{L}}}{6(4+R_{\mathrm{L}})} \\ &= \frac{1}{6} \times \frac{12+R_{\mathrm{L}}}{4+R_{\mathrm{L}}} \text{ [A]} \end{aligned}$$

と求められる。

(5)解答：ヘ

図２の回路の合成抵抗 R_2' [Ω] は，

$$\begin{aligned} R_2' &= \frac{R_2(R_1+R_{\mathrm{L}})}{R_2+(R_1+R_{\mathrm{L}})} \\ &= \frac{8(4+R_{\mathrm{L}})}{8+(4+R_{\mathrm{L}})} \\ &= \frac{8(4+R_{\mathrm{L}})}{12+R_{\mathrm{L}}} \end{aligned}$$

であるから，直流電圧源を流れる電流 I_2 [A] は，

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{E}{R_2'} \\ &= \frac{2}{\frac{8(4+R_{\mathrm{L}})}{12+R_{\mathrm{L}}}} \\ &= \frac{2(12+R_{\mathrm{L}})}{8(4+R_{\mathrm{L}})} \\ &= \frac{12+R_{\mathrm{L}}}{4(4+R_{\mathrm{L}})} \\ &= \frac{1}{4} \times \frac{12+R_{\mathrm{L}}}{4+R_{\mathrm{L}}} \text{ [A]} \end{aligned}$$

と求められる。

関連書籍のご紹介

電子書籍版 過去問徹底解説シリーズ

電験３種から１種まで幅広く試験に対応しています。

収録問題	収録年数	販売予定日
電験３種 全科目	令和５年上期～平成 22 年の 15 回分	販売中
電験３種 理論科目	令和５年上期～平成 22 年の 15 回分	販売中
電験３種 電力科目	令和５年上期～平成 22 年の 15 回分	販売中
電験３種 機械科目	令和５年上期～平成 22 年の 15 回分	販売中
電験３種 法規科目	令和５年上期～平成 22 年の 15 回分	販売中
電験２種一次試験 全科目	令和５年～平成 22 年の 14 年分	販売中
電験２種一次試験 理論科目	令和５年～平成 22 年の 14 年分	販売中
電験２種一次試験 電力科目	令和５年～平成 22 年の 14 年分	販売中
電験２種一次試験 機械科目	令和５年～平成 22 年の 14 年分	販売中
電験２種一次試験 法規科目	令和５年～平成 22 年の 14 年分	販売中
電験２種二次試験 全科目	令和５年～平成 22 年の 14 年分	2024 年３月
電験１種一次試験 全科目	令和５年～平成 22 年の 14 年分	販売中
電験１種一次試験 理論科目	令和５年～平成 22 年の 14 年分	販売中
電験１種一次試験 電力科目	令和５年～平成 22 年の 14 年分	販売中
電験１種一次試験 機械科目	令和５年～平成 22 年の 14 年分	販売中
電験１種一次試験 法規科目	令和５年～平成 22 年の 14 年分	販売中
電験１種二次試験 全科目	令和５年～平成 22 年の 14 年分	2024 年３月

※すべて 著者：電験王，編者：山岸 健太

電子書籍版は STORES（https://denken-ou-tanaoroshi.com）で PDF として購入可能です。お持ちのプリンタで学習したい年や科目を低コストで印刷でき，紙での学習が可能です。また，STORES 版は低価格なので，既にお持ちの過去問題集との解答比較にもお使いいただけます。

みんなが欲しかった！電験三種の実践問題集シリーズ（TAC 出版）

電験テキストで一番人気のみん欲しシリーズの実践問題集！
すべてオリジナル問題で尾上（電験王管理人）が作問。
テキストの内容を確認する確認問題から、本試験レベルの応用問題までステップを踏んで力を養うことができます。
再受験、苦手科目がある方、過去問だけでは不安な方にオススメです。

電験 2 種 過渡現象をラプラス変換で解く 28 年間

電験 2 種一次試験の理論科目における過渡現象について，電験 2 種二次試験で必要となるラプラス変換を使用して微分方程式よりも簡単に解けることを解説しています。
収録年数は，現行の試験制度になった 1995 年以降の 28 年となります。

本書も STORES（https://denken-ou-tanaoroshi.com）でお買い求めできます。

※著者：山岸 健太

【電子書籍版電験王】電験１種一次試験 過去問徹底解説 理論 令和６年度版（年度順）

令和５年 12 月 20 日 第１版

著 者：電験王
ホームページ：電験王
URL：https://denken-ou.com/c1/
twitter：@denkenou

編 者：山岸健太
ホームページ：電験１種の棚卸し
URL：https://den1-tanaoroshi.com
e-mail：info@den1-tanaoroshi.com
twitter：@den1_tanaoroshi

表 紙：どんぶらこ design

■正誤のお問い合わせにつきましては，編者の e-mail アドレスにお知らせ下さい。内容を確認次第ホームページに正誤表を掲載させていただきます。