電子書籍版電験王

電験1種
一次試験
過去問徹底解説

大人気ブログ

「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」)

令和3年度版

収録年 平成25年~令和2年

最新8年分

●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

電子書籍版電験王 電験１種一次試験 過去問徹底解説 令和３年度版

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４科目についての８年間（平成 25 年～令和２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）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元で平成 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３年５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（目安です。年により異なります。）

一次試験：令和 3 年 8 月 21 日（土）

二次試験：令和 3 年 11 月 14 日（日）

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 25 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
平成 25 年	49.36 点	60.00 点	59.79 点	60.00 点
平成 26 年	52.74 点	56.00 点	48.98 点	56.00 点
平成 27 年	42 点	45 点	42 点	45 点
平成 28 年	48 点	48 点	45 点	48 点
平成 29 年	42 点	47 点	47 点	42 点
平成 30 年	48 点	48 点	48 点	48 点
令和元年	39 点	47 点	47 点	47 点
令和 2 年	48 点	48 点	48 点	48 点

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

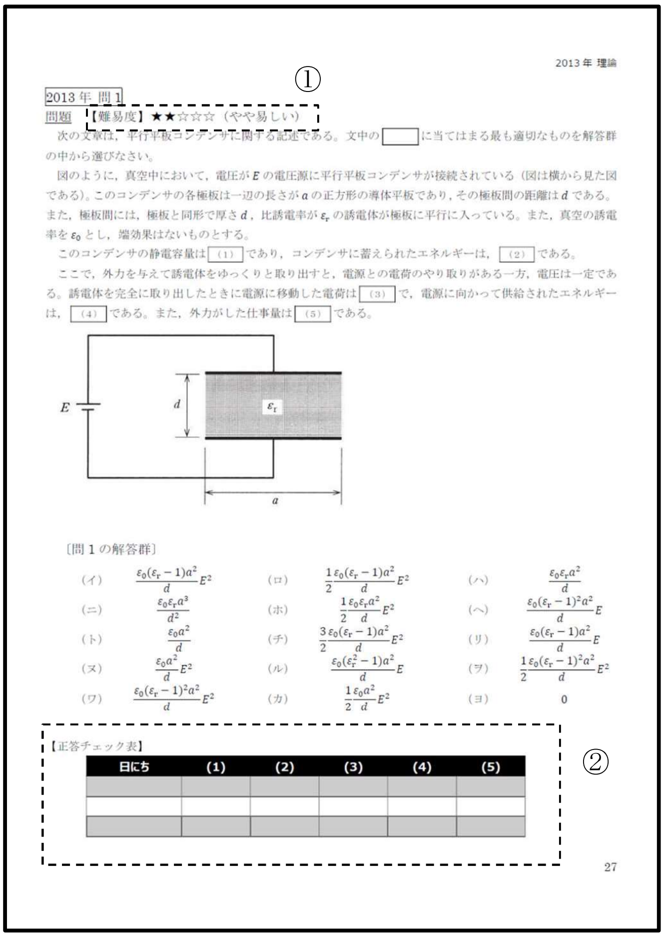
○：少し悩んだが解けた

△：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〕

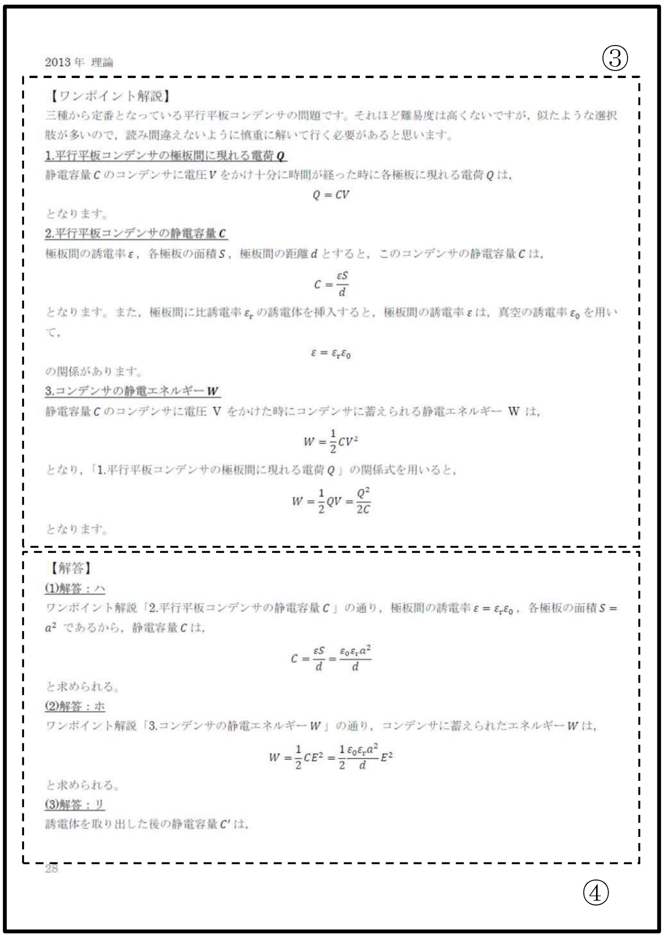
(イ)	$\frac{\varepsilon_0(\varepsilon_r-1)a^2}{d}E^2$	(ロ)	$\frac{1}{2}\frac{\varepsilon_0(\varepsilon_r-1)a^2}{d}E^2$	(ハ)	$\frac{\varepsilon_0\varepsilon_r a^2}{d}$
(ニ)	$\frac{\varepsilon_0\varepsilon_r a^3}{d^2}$	(ホ)	$\frac{1}{2}\frac{\varepsilon_0\varepsilon_r a^2}{d}E^2$	(ヘ)	$\frac{\varepsilon_0(\varepsilon_r-1)^2a^2}{d}E$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

問題　【難易度】★★★★☆（やや難しい）

次の文章は，円板状の電荷分布が作り出す電界に関する記述である。文中の $\boxed{\quad\quad}$ に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。なお，電位は無限遠点を基準とする。

図 1 のように電荷が一様な面密度 σ（ただし $\sigma>0$ とする）で分布した半径 a の薄い円板が真空中（誘電率 ε_0）に存在している。円板の厚みはその半径に比べて十分に薄いものとし，円板の軸を z 軸とした円筒座標 (r,ϕ,z) を定め, 円板の中心を原点 $\mathrm{O}(0,0,0)$ とする。

円板上の半径 r の位置における微小半径 $\mathrm{d}r$，微小角度 $\mathrm{d}\phi$ の領域（面素）の面積は $\mathrm{d}S=r\mathrm{d}r\mathrm{d}\phi$ と表されるので,

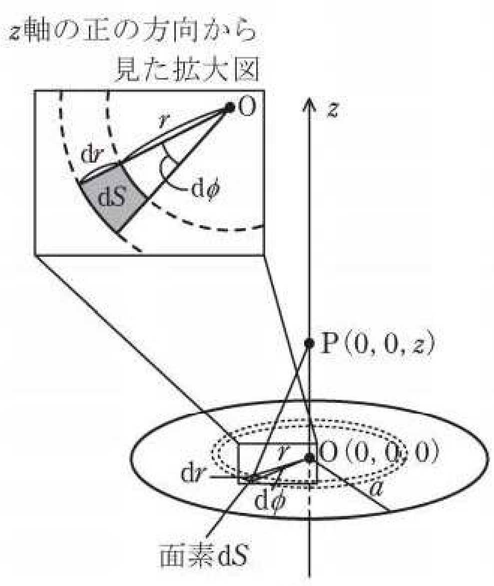


図 1

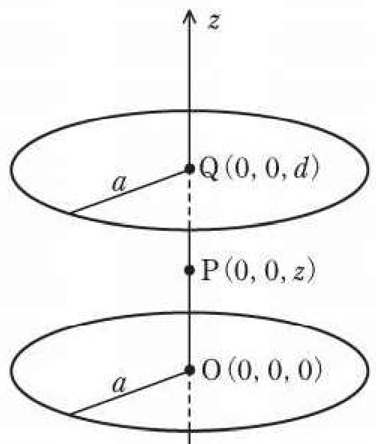


図 2

この領域に含まれる電荷が z 軸上の点 $\mathrm{P}(0,0,z)$（ただし $z>0$ とする）に作る電位は,

$$\mathrm{d}V \quad = \quad \frac{\mathrm{d}r\mathrm{d}\phi}{4\pi\varepsilon_0}\times\boxed{\text{（1）}}$$

となる。よって，円板上の電荷全体が点 P に作る電位は,

$$\begin{aligned} V \quad &= \quad \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\times\int_0^{2\pi}\int_0^{a}\boxed{\text{（1）}}\,\mathrm{d}r\mathrm{d}\phi \\ &= \quad \boxed{\text{（2）}} \end{aligned}$$

となる。なお，必要であれば,

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}x}\sqrt{x^2+1} \quad = \quad \frac{x}{\sqrt{x^2+1}}$$

という関係式を用いてもよい。

$\boxed{\text{（2）}}$ の結果を用いると，このとき点 P に形成される z 方向電界は,

$$E_{z1} \quad = \quad -\frac{\mathrm{d}V}{\mathrm{d}z}=\boxed{\text{（3）}}$$

と求められる。

次に，図 2 に示すように点 $\mathrm{Q}(0,0,d)$（ただし $d>0$ とする）を中心とした半径 a の十分に薄い円板上にも一様な面密度 $-\sigma$ で電荷が分布している場合を考える。点 P が点 O と点 Q の間にあるとすると，点 P の z 方向電界は重ね合わせにより,

$$E_{z2} \quad = \quad \boxed{\text{（4）}}$$

となる。二つの円板の半径 a が円板間距離 d に対して十分大きい場合には，円板間の電界は一様であるとみなせ，その大きさは $\boxed{\text{（5）}}$ となる。

〔問１の解答群〕

（イ）	$\dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}$	（ロ）	$\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}\dfrac{z^2}{z^2+a^2}$	（ハ）	$\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left[2-\dfrac{z}{\sqrt{z^2+a^2}}-\dfrac{d-z}{\sqrt{(d-z)^2+a^2}}\right]$
（ニ）	$\dfrac{\sigma r}{z^2+r^2}$	（ホ）	$\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}\dfrac{a^2}{z^2+a^2}$	（ヘ）	$\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(\sqrt{z^2+a^2}-z\right)$
（ト）	$\dfrac{\sigma r}{\sqrt{z^2+r^2}}$	（チ）	$\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}$	（リ）	$\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left[\dfrac{z^2}{z^2+a^2}-\dfrac{(d-z)^2}{(d-z)^2+a^2}\right]$
（ヌ）	$\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}z$	（ル）	$\dfrac{\sigma r}{(z^2+r^2)^{\frac{3}{2}}}$	（ヲ）	$\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left[\dfrac{a^2}{z^2+a^2}-\dfrac{a^2}{(d-z)^2+a^2}\right]$
（ワ）	0	（カ）	$\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}a$	（ヨ）	$\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(1-\dfrac{z}{\sqrt{z^2+a^2}}\right)$

【正答チェック表】

日にち	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

【ワンポイント解説】

円板が作る電位，電界に関する問題です。

(2)や(3)の微分積分の計算が一番の肝となる問題です。難易度は高めとしていますが，易しいと感じる受験生，難しいと感じる受験生が大きく分かれる問題であり，微分積分の計算に慣れている方であれば完答も十分に目指せると思います。

1.点電荷が作る電界の強さ E

真空中（誘電率 ε_0 ）で点電荷 Q が作る電界の大きさ E は，距離 r の地点で，

$$E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$

となります。

2.点電荷が作る電位 V

真空中（誘電率 ε_0 ）で点電荷 Q が距離 r の地点に作る電位 V は，

$$V = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

となります。

【解答】

(1)解答：ト

図１の微小面積 $\mathrm{d}S$ における電荷量 $\mathrm{d}Q$ は，

$$\begin{aligned}\mathrm{d}Q &= \sigma\mathrm{d}S \\ &= \sigma r\mathrm{d}r\mathrm{d}\phi\end{aligned}$$

であり， $\mathrm{d}Q$ から点 P までの距離 l は，

$$l = \sqrt{r^2+z^2}$$

であるから，ワンポイント解説「2.点電荷が作る電位 V 」の通り $\mathrm{d}Q$ が点 $\mathrm{P}(0,0,z)$ に作る電位 $\mathrm{d}V$ は，

$$\begin{aligned}\mathrm{d}V &= \frac{\mathrm{d}Q}{4\pi\varepsilon_0 l} \\ &= \frac{\sigma r\mathrm{d}r\mathrm{d}\phi}{4\pi\varepsilon_0\sqrt{r^2+z^2}} \\ &= \frac{\mathrm{d}r\mathrm{d}\phi}{4\pi\varepsilon_0}\times\frac{\sigma r}{\sqrt{z^2+r^2}}\end{aligned}$$

と求められる。

> ⓘ 微小面積 $\mathrm{d}S$ について，微小であれば円弧を線分 $r\mathrm{d}\phi$ として扱えるので，四角形として面積を求めています。

(2)解答：へ

$$\begin{aligned}V &= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\times\int_0^{2\pi}\int_0^{a}\frac{\sigma r}{\sqrt{z^2+r^2}}\mathrm{d}r\mathrm{d}\phi \\ &= \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\times\int_0^{2\pi}\int_0^{a}\frac{\frac{r}{z}}{\sqrt{\left(\frac{r}{z}\right)^2+1}}\mathrm{d}r\mathrm{d}\phi\end{aligned}$$

において， $x=\frac{r}{z}$ とすると， $\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}r}=\frac{1}{z}$ すなわち

$\mathrm{d}r = z\mathrm{d}x$ となり，r が 0 から a まで変化するとき x が 0 から $\frac{a}{z}$ まで変化するので，

$$V = \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\times\int_0^{2\pi}\int_0^{a}\frac{\frac{r}{z}}{\sqrt{\left(\frac{r}{z}\right)^2+1}}\mathrm{d}r\mathrm{d}\phi$$
$$= \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\times\int_0^{2\pi}\int_0^{\frac{a}{z}}\frac{x}{\sqrt{x^2+1}}z\mathrm{d}x\mathrm{d}\phi$$
$$= \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\times\int_0^{2\pi}z\int_0^{\frac{a}{z}}\frac{x}{\sqrt{x^2+1}}\mathrm{d}x\mathrm{d}\phi$$

と変形できる。ここで，

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}x}\sqrt{x^2+1} = \frac{x}{\sqrt{x^2+1}}$$

という関係式を用いて計算をすると，

$$V = \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\times\int_0^{2\pi}z\int_0^{\frac{a}{z}}\frac{x}{\sqrt{x^2+1}}\mathrm{d}x\mathrm{d}\phi$$
$$= \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\times\int_0^{2\pi}z\left[\sqrt{x^2+1}\right]_0^{\frac{a}{z}}\mathrm{d}\phi$$
$$= \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\times\int_0^{2\pi}z\left\{\sqrt{\left(\frac{a}{z}\right)^2+1}-\sqrt{(0+1)}\right\}\mathrm{d}\phi$$
$$= \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\times\int_0^{2\pi}\left(\sqrt{a^2+z^2}-z\right)\mathrm{d}\phi$$
$$= \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\left(\sqrt{a^2+z^2}-z\right)\times\int_0^{2\pi}\mathrm{d}\phi$$
$$= \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\left(\sqrt{a^2+z^2}-z\right)\times[\phi]_0^{2\pi}$$
$$= \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\left(\sqrt{a^2+z^2}-z\right)\times 2\pi$$
$$= \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(\sqrt{a^2+z^2}-z\right)$$

と求められる。

(3)解答：ヨ

題意に沿って計算すると，

$$E_{\mathrm{z1}} = -\frac{\mathrm{d}V}{\mathrm{d}z}$$
$$= -\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}z}\left\{\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(\sqrt{z^2+a^2}-z\right)\right\}$$
$$= -\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}z}\left\{(z^2+a^2)^{\frac{1}{2}}-z\right\}$$
$$= -\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left\{\frac{1}{2}\times 2z\times(z^2+a^2)^{-\frac{1}{2}}-1\right\}$$
$$= -\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(\frac{z}{\sqrt{z^2+a^2}}-1\right)$$
$$= \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(1-\frac{z}{\sqrt{z^2+a^2}}\right)$$

と求められる。

(4)解答：ハ

(3)の解答式の z を $d-z$ にし，σ を $-\sigma$ にすれば，点 Q が点 P に作る電界 E'_{z1} が求められるので，

$$E'_{\mathrm{z1}} = -\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left\{1-\frac{d-z}{\sqrt{(d-z)^2+a^2}}\right\}$$

となる。よって，点 P の z 方向電界 E_{z2} は，どちらも電界の向きが上向きであることに注意すると，

$$E_{\mathrm{z2}} = E_{\mathrm{z1}} - E'_{\mathrm{z1}}$$
$$= \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(1-\frac{z}{\sqrt{z^2+a^2}}\right)+\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left\{1-\frac{d-z}{\sqrt{(d-z)^2+a^2}}\right\}$$
$$= \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left\{2-\frac{z}{\sqrt{z^2+a^2}}-\frac{d-z}{\sqrt{(d-z)^2+a^2}}\right\}$$

と求められる。

(5)解答：イ

(4)の解答式において，$a \gg d, z$ とすると，

$$E_{\mathrm{z2}} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left\{2-\frac{z}{\sqrt{z^2+a^2}}-\frac{d-z}{\sqrt{(d-z)^2+a^2}}\right\}$$
$$\simeq \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(2-\frac{z}{a}-\frac{d-z}{a}\right)$$
$$= \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(2-\frac{d}{a}\right)$$
$$\simeq \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\times 2$$
$$= \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

と求められる。

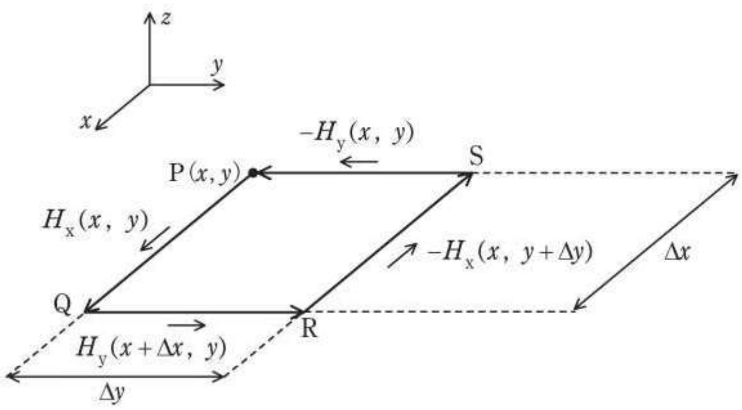
令和２年 問２

問題　【難易度】★★★☆☆（普通）

次の文章は，アンペア（アンペール）の周回積分の法則に関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

一般に，空間上の磁界ベクトルを $\boldsymbol{H}$，C を閉曲線，$\mathrm{d}\boldsymbol{l}$ を C 上の微小区間ベクトル，I を C と鎖交する電流の総量とすると，アンペアの周回積分の法則は①式のようになる。

$$\oint_{\mathrm{C}} \boldsymbol{H}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{l} = I \quad \cdots\cdots\cdots \quad ①$$



ここで，直交座標空間上において，z 軸の正方向に一様な電流が流れている時の磁界 $\boldsymbol{H}$ を考える。電流の面密度は J_z である。図のように，z 軸と垂直で微小な長方形の積分路を仮定する。積分路は点 P$(x,\ y)$ から点 Q，R，S を経て点 P に戻る閉路であり，辺 PQ 及び辺 RS の長さは Δx，辺 QR 及び SP の長さは Δy である。また，z 軸方向の磁界は 0 であるので，$\boldsymbol{H}=(H_x(x,y),\ H_y(x,y),0)$ とし，x－y 平面上で考える。

このとき，積分路 PQRS を閉曲線 C として①式を適用する。まず辺 PQ を考え，PQ に平行な PQ 上の磁界を $H_x(x,y)$ と近似すると，PQ に沿った $\boldsymbol{H}$ の線積分は $\boxed{（1）}$ である。同様に，辺 QR，RS，SP に平行な磁界をそれぞれ $H_y(x+\Delta x,y)$，$-H_x(x,y+\Delta y)$，$-H_y(x,y)$ と近似すると，①式の左辺は $\boxed{（2）}$ である。一方，①式の右辺は，この積分路に鎖交する電流 I なので $\boxed{（3）}$ である。したがって，①式より $\boxed{（4）}$ が導かれる。

Δx，Δy をともに 0 に近づけると，電流密度ベクトルを J としたときに $\boxed{（5）}$ のように表されるアンペアの法則の微分形における z 方向成分と同じ式になる。

〔問２の解答群〕

（イ）　$\dfrac{H_y(x+\Delta x,y)-H_y(x,y)}{\Delta y}-\dfrac{H_x(x,y+\Delta y)-H_x(x,y)}{\Delta x}=J_z$

（ロ）　$\dfrac{H_x(x,y)}{\Delta x}+\dfrac{H_y(x+\Delta x,y)}{\Delta y}-\dfrac{H_x(x,y+\Delta y)}{\Delta x}-\dfrac{H_y(x,y)}{\Delta y}$

（ハ）　$H_x(x,y)\cdot\Delta y+H_y(x+\Delta x,y)\cdot\Delta x-H_x(x,y+\Delta y)\cdot\Delta y-H_y(x,y)\cdot\Delta x$

（ニ）　$H_x(x,y)\cdot\Delta x+H_y(x+\Delta x,y)\cdot\Delta y-H_x(x,y+\Delta y)\cdot\Delta x-H_y(x,y)\cdot\Delta y$

（ホ）　$\dfrac{H_y(x+\Delta x,y)-H_y(x,y)}{\Delta x}-\dfrac{H_x(x,y+\Delta y)-H_x(x,y)}{\Delta y}=J_z$

（ヘ）　$\dfrac{H_y(x+\Delta x,y)-H_y(x,y)}{\Delta x\cdot\Delta y}-\dfrac{H_x(x,y+\Delta y)-H_x(x,y)}{\Delta x\cdot\Delta y}=J_z$

（ト）	$H_x(x,y)\cdot\Delta x$	（チ）	$\mathrm{div}\boldsymbol{H}=0$	（リ）	$J_z\cdot\Delta x\cdot\Delta y$
（ヌ）	J_z	（ル）	$\dfrac{H_x(x,y)}{\Delta x}$	（ヲ）	$\mathrm{rot}\boldsymbol{H}=\boldsymbol{J}$
（ワ）	$\mathrm{rot}\boldsymbol{J}=\boldsymbol{H}$	（カ）	$\dfrac{J_z}{\Delta x\cdot\Delta y}$	（ヨ）	$H_x(x,y)\cdot\Delta y$

【正答チェック表】

日にち	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

【ワンポイント解説】

本格的な電磁気の教科書の内容であり，やや難しそうに見えますが，問題としては文章をよく読み考えると解ける問題となっています。

回転 rot の内容等は専門書を読み進めると出てくる内容なので，1 種受験生ならば覚えておいた方が良いと思います。

1.アンペア（アンペール）の周回積分の法則

空間上の磁界ベクトルを $\boldsymbol{H}$， C を閉曲線， $\mathrm{d}\boldsymbol{l}$ を C 上の微小区間ベクトル，I を C と鎖交する電流の総量とすると，

$$\oint_{\mathrm{C}} \boldsymbol{H}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{l} = I$$

の関係があり，これをアンペアの周回積分の法則といいます。

例えば，図 1 のように無限長直線電流 I_{y} が流れているとき，電線から距離 r の位置での磁界の強さ H は， $l = 2\pi r$ なので，

$$2\pi r H = I_{\mathrm{y}}$$
$$H = \frac{I_{\mathrm{y}}}{2\pi r}$$

となります。

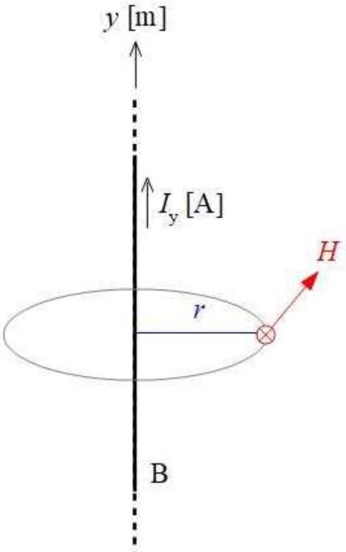


図 1

2. rot (回転)

rot の定義は，

$$\mathrm{rot}\boldsymbol{H} = \left(\frac{\partial H_{\mathrm{z}}}{\partial y}-\frac{\partial H_{\mathrm{y}}}{\partial z},\ \frac{\partial H_{\mathrm{x}}}{\partial z}-\frac{\partial H_{\mathrm{z}}}{\partial x},\ \frac{\partial H_{\mathrm{y}}}{\partial x}-\frac{\partial H_{\mathrm{x}}}{\partial y}\right)$$

となり，外積を用いて表すと，

$$\mathrm{rot}\boldsymbol{H} = \begin{bmatrix} \mathrm{i} & \mathrm{j} & \mathrm{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ H_{\mathrm{x}} & H_{\mathrm{y}} & H_{\mathrm{z}} \end{bmatrix}$$

となり，こちらの方が覚えやすいと思います。

（ i， j， 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， $\frac{\partial E_{\mathrm{z}}}{\partial y}$ は y 以外の変数を定数として E_{y} を y で微分をすることを意味します。つまり $E_{\mathrm{z}} = 2xy + \frac{1}{3}y^2 z$ とすると，
>
> $$\frac{\partial E_{\mathrm{z}}}{\partial y} = 2x + \frac{2}{3}yz$$
>
> となります。

> ?
> $$\mathrm{rot}\boldsymbol{H} = \begin{bmatrix} \mathrm{i} & \mathrm{j} & \mathrm{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ H_{\mathrm{x}} & H_{\mathrm{y}} & H_{\mathrm{z}} \end{bmatrix}$$
>
> 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
>
> $$\mathrm{i}\frac{\partial}{\partial y}H_{\mathrm{z}} = (1,0,0)\frac{\partial}{\partial y}H_{\mathrm{z}} = \left(\frac{\partial}{\partial y}H_{\mathrm{z}}, 0,0\right)$$
>
> となり，全てを計算すると
>
> $$\mathrm{rot}\boldsymbol{H} = \left(\frac{\partial H_{\mathrm{z}}}{\partial y}-\frac{\partial H_{\mathrm{y}}}{\partial z},\ \frac{\partial H_{\mathrm{x}}}{\partial z}-\frac{\partial H_{\mathrm{z}}}{\partial x},\ \frac{\partial H_{\mathrm{y}}}{\partial x}-\frac{\partial H_{\mathrm{x}}}{\partial y}\right)$$
>
> となります。

3. div (発散)

ある微小な立方体の発散量で次式で定義されます。

$$\mathrm{div}\boldsymbol{H} = \frac{\partial H_\mathrm{x}}{\partial x}+\frac{\partial H_\mathrm{y}}{\partial y}+\frac{\partial H_\mathrm{z}}{\partial z}$$

【解答】

(1)解答：ト

PQ に沿った $\boldsymbol{H}$ の線積分は，PQ $=\Delta x$ 及び $\boldsymbol{H}=H_\mathrm{x}(x,y)$ であるから，

$$H_\mathrm{x}(x,y)\cdot\Delta x$$

と求められる。

(2)解答：ニ

(1)と同様に，閉曲線での磁界の線積分は，

$$\oint_\mathrm{C}\boldsymbol{H}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{l} = H_\mathrm{x}(x,y)\cdot\Delta x+H_\mathrm{y}(x+\Delta x,y)\cdot\Delta y-H_\mathrm{x}(x,y+\Delta y)\cdot\Delta x-H_\mathrm{y}(x,y)\cdot\Delta y$$

と求められる。

(3)解答：リ

①式の右辺は四角形 PQRS を通過する電流なので，電流密度 J_z と四角形 PQRS の面積 $\Delta S=\Delta x\cdot\Delta y$ より，

$$\begin{aligned} I &= J_\mathrm{z}\cdot\Delta S \\ &= J_\mathrm{z}\cdot\Delta x\cdot\Delta y \end{aligned}$$

と求められる。

(4)解答：ホ

(2)及び(3)の解答式より，

$$\begin{aligned} \oint_\mathrm{C}\boldsymbol{H}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{l} &= I \\ H_\mathrm{x}(x,y)\cdot\Delta x+H_\mathrm{y}(x+\Delta x,y)\cdot\Delta y-H_\mathrm{x}(x,y+\Delta y)\cdot\Delta x-H_\mathrm{y}(x,y)\cdot\Delta y &= J_\mathrm{z}\cdot\Delta x\cdot\Delta y \\ H_\mathrm{y}(x+\Delta x,y)\cdot\Delta y-H_\mathrm{y}(x,y)\cdot\Delta y-H_\mathrm{x}(x,y+\Delta y)\cdot\Delta x+H_\mathrm{x}(x,y)\cdot\Delta x &= J_\mathrm{z}\cdot\Delta x\cdot\Delta y \\ \frac{H_\mathrm{y}(x+\Delta x,y)-H_\mathrm{y}(x,y)}{\Delta x}-\frac{H_\mathrm{x}(x,y+\Delta y)-H_\mathrm{x}(x,y)}{\Delta y} &= J_\mathrm{z} \end{aligned}$$

と求められる。

(5)解答：ヲ

Δx，Δy ともに 0 に近づけると，

$$\frac{\partial H_\mathrm{y}}{\partial x}-\frac{\partial H_\mathrm{x}}{\partial y} = J_\mathrm{z}$$

となるので，ワンポイント「2. rot (回転)」の通り，上式は $\mathrm{rot}\boldsymbol{H}=J$ の z 方向成分と同じ式になる。

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	平成 24 年～令和２年の９年間	販売中
電験３種 理論科目	平成 24 年～令和２年の９年間	販売中
電験３種 電力科目	平成 24 年～令和２年の９年間	販売中
電験３種 機械科目	平成 24 年～令和２年の９年間	販売中
電験３種 法規科目	平成 24 年～令和２年の９年間	販売中
電験２種一次試験 全科目	平成 24 年～令和２年の９年間	販売中
電験２種一次試験 理論科目	平成 24 年～令和２年の９年間	販売中
電験２種一次試験 電力科目	平成 24 年～令和２年の９年間	販売中
電験２種一次試験 機械科目	平成 24 年～令和２年の９年間	販売中
電験２種一次試験 法規科目	平成 24 年～令和２年の９年間	発売中
電験２種二次試験 全科目	平成 24 年～令和２年の９年間	2021 年６月
電験１種一次試験 全科目	平成 25 年～令和２年の８年間	販売中
電験１種一次試験 理論科目	平成 25 年～令和２年の８年間	販売中
電験１種一次試験 電力科目	平成 25 年～令和２年の８年間	販売中
電験１種一次試験 機械科目	平成 25 年～令和２年の８年間	販売中
電験１種一次試験 法規科目	平成 25 年～令和２年の８年間	発売中
電験１種二次試験 全科目	平成 25 年～令和２年の８年間	2021 年６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。

電験２種 過渡現象をラプラス変換で解く 26 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 26 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 令和３年度版

2021 年 5 月 25 日 第 1 版

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

■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。