

電験三種 GOLD

理論テキスト

株式会社 メディアファイブ

目次

電験三種 GOLD [理論テキスト]

1 静電気と電界

1. クーロンの法則と点電荷間に働く力 4
2. 電界の性質 7
3. 平行平板コンデンサの静電容量 11
4. 球、同心球の静電容量 16
5. コンデンサの直列接続と並列接続 18
6. 静電容量とエネルギー 22
7. 抵抗と静電容量の関係 25

2 電磁石と磁界

1. 磁界の強さと磁束密度および磁束の関係 28
2. 磁界が電流に及ぼす力（フレミングの左手の法則） 31
3. 磁気エネルギー 34
4. 電磁誘導（誘導起電力、フレミング右手の法則） 39
5. インダクタンス（自己、相互） 43

3 直流回路

1. 導体の抵抗率と導電率 48
2. 抵抗の温度係数と温度変化 51
3. 抵抗回路の計算 54
4. キルヒホッフの法則 58
5. 重ねの理とテブナンの定理 62
6. ブリッジ回路 69
7. 抵抗回路網の計算 74
8. 抵抗の消費電力と消費電力量 79
9. 電圧源と電流源 82

4 交流回路

1. 瞬時値、実効値、最大値（波高値）、位相および位相差 86
2. リアクタンスとインピーダンス 103
3. 直列共振回路および並列共振回路 130
4. 条件付き回路 141
5. 交流回路の電力（有効電力、無効電力および皮相電力） 153
6. ひずみ波交流の実効値、波形率、波高率、ひずみ率と電力 188
7. 三相交流回路に関する計算 195
8. Δ -Y変換 222

5 電子回路と半導体

1. 半導体素子 230
2. 各種現象と各種効果 238
3. 電磁界と電子 243
4. 電子回路理論（トランジスタ増幅回路） 251
5. パルス回路（微分および積分回路、クリッパ、リミッタ、プッシュプル増幅器） 271

6 電気計測及び電子計測

- 電圧、電流、電力、力率、抵抗、インピーダンスなどの測定法 292

1 静電気と電界

1 静電気と電界

1. クーロンの法則と点電荷間に働く力

学習の目的: クーロンの法則を理解して点電荷どうしに働く力の計算ができるようにする。

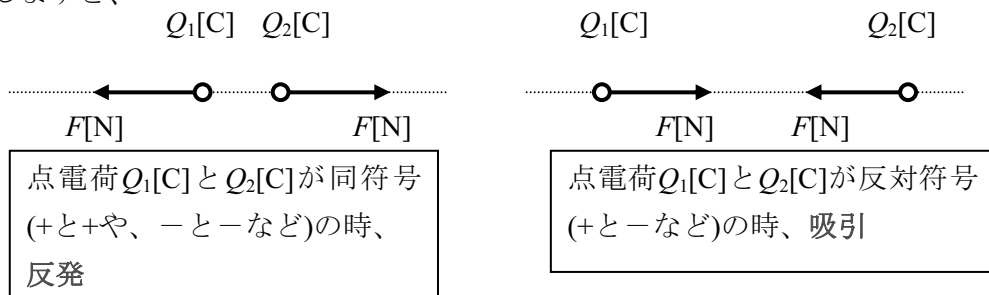
クーロンの法則とは、「点電荷 $Q_1[C]$ と $Q_2[C]$ が距離 $r[m]$ 離れてあったときに、それぞれに働く力 $F[N]$ は、次式で計算される」

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad [N] \dots\dots\dots \text{(重要公式)}$$

と言う法則です。

ここで、 ϵ_0 は、真空中の誘電率で $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} [F/m]$ または、 $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9$ です。

図解しますと、

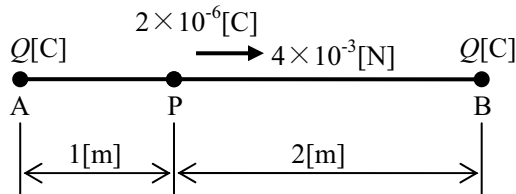


ここで、働く力の向きは、点電荷 $Q_1[C]$ と $Q_2[C]$ が同符号(+と+や、-と-など)の時は反発し、反対符号(+と-など)の時は吸引します。

では、例題で学習してみましよう。

例題

図のように、真空中に3[m]離れたA、B2点にそれぞれ $Q[C]$ の点電荷があり、その直線上のP点に $2 \times 10^{-6} [C]$ の点電荷を置くとき、その点電荷にB点の方向に $4 \times 10^{-3} [N]$ の力が働くという。 $Q[C]$ の値として、正しいのは次のうちどれか。ただし、 $4\pi\epsilon_0 = 1/(9 \times 10^9) [F/m]$ とする。



- (1) 1.78×10^{-7} (2) 2.96×10^{-7} (3) 4.21×10^{-7}
 (4) 6.54×10^{-7} (5) 8.47×10^{-7}

★解答は6ページ

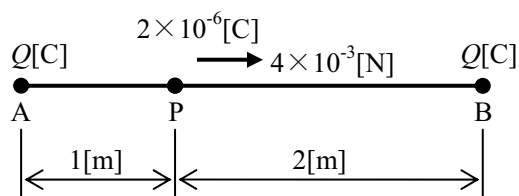
【解説】

点電荷に働く力は、クーロンの法則から計算することができます。すなわち、点電荷 $q_1[\text{C}]$ と $q_2[\text{C}]$ が距離 $r[\text{m}]$ 離れてあったときに働く力 $F[\text{N}]$ は、

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad [\text{N}]$$

となります。

さて、問題の図は、下図です。



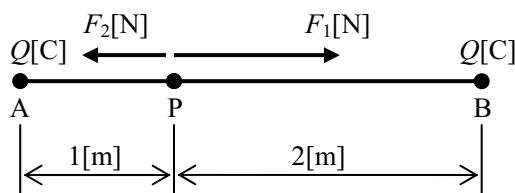
問題の図から、A点の点電荷 $Q[\text{C}]$ とP点の点電荷 $2 \times 10^{-6}[\text{C}]$ によって働く力 $F_1[\text{N}]$ は、クーロンの法則から、

$$F_1 = \frac{Q \times 2 \times 10^{-6}}{4\pi\epsilon_0 \times 1^2} \quad [\text{N}] \dots\dots\dots(1)$$

同じくB点の点電荷 $Q[\text{C}]$ とP点の点電荷 $2 \times 10^{-6}[\text{C}]$ によって働く力 $F_2[\text{N}]$ は、クーロンの法則から、

$$F_2 = \frac{Q \times 2 \times 10^{-6}}{4\pi\epsilon_0 \times 2^2} \quad [\text{N}] \dots\dots\dots(2)$$

図で示すと、下図となります。



さて、題意より $F_1 - F_2 = 4 \times 10^{-3}[\text{N}]$ ですから、(1)(2)式から、

$$\frac{Q \times 2 \times 10^{-6}}{4\pi\epsilon_0 \times 1^2} - \frac{Q \times 2 \times 10^{-6}}{4\pi\epsilon_0 \times 2^2} = 4 \times 10^{-3} \quad [\text{N}] \dots\dots\dots(3)$$

(3)式を $Q[\text{C}]$ について解くと、

$$F_1 - F_2 = 4 \times 10^{-3}$$

$$\frac{Q \times 2 \times 10^{-6}}{4\pi\epsilon_0 \times 1^2} - \frac{Q \times 2 \times 10^{-6}}{4\pi\epsilon_0 \times 2^2} = 4 \times 10^{-3}$$

$$\begin{aligned}Q \times \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{4} \right) &= 4 \times 10^{-3} \times \frac{4\pi\epsilon_0}{2 \times 10^{-6}} \\ \frac{3Q}{4} &= 4 \times 10^{-3} \times \frac{4\pi\epsilon_0}{2 \times 10^{-6}} \\ Q &= \frac{4}{3} \times 4 \times 10^{-3} \times \frac{1}{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6}} \\ Q &= 2.96 \times 10^{-7} \quad [\text{C}]\end{aligned}$$

となります。

ゆえに、選択肢は、(2) となります。

まとめ：クーロンの法則は、重要公式として覚えて下さい。

【解答】

例題 (2)

1 静電気と電界

2. 電界の性質

学習の目的：電界の性質を理解する。

電界には、次のような性質があります。

重要事項

- (1) 媒質中に置かれた正電荷から出る電気力線の本数は、その電荷の大きさに比例し、媒質中の誘電率に反比例する
- (2) 電界中における電気力線は、相互に交差しない
- (3) 電界中における電気力線は、等電位面と直交する
- (4) 電界中のある点の電気力線の密度は、その点における電界の強さ（大きさ）を表す
- (5) 静電界中における導体内部の電界は、0である
- (6) 電気力線は、正電荷から出て、負電荷または無限遠で終わる

と言う性質です。

では、順番に説明しましょう。

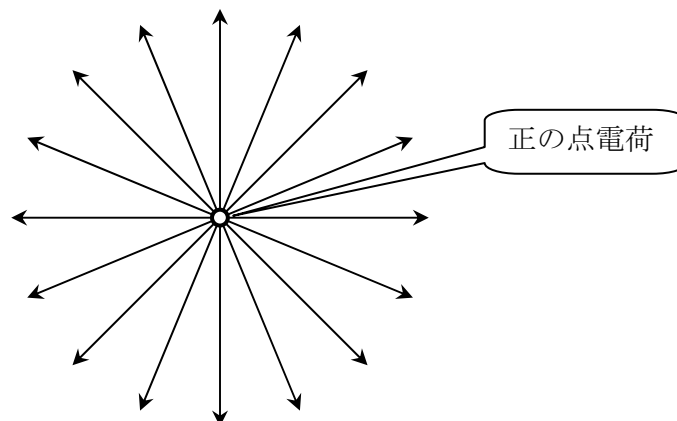
- (1) 媒質中に置かれた正電荷から出る電気力線の本数は、その電荷の大きさに比例し、媒質中の誘電率に反比例する

この文章で、媒質とは、正電荷から出る電気力線を伝える物質を言います。例えば、空気であったり、絶縁物であったりします。この物質の中には、真空も含まれます。

ここで書いてある電気力線とは、何でしょうか。電気力線は、想像の力線です。例えば、天気予報でよく見る温暖前線がありますね。あの線と同じように、実際には無い線で、理解し易くするために考え出された、想像の力線です。

では、電気力線は、どのように正電荷から出ているかと言いますと、下図のようになります。

図は、正の点電荷が、1個だけあった場合の電気力線を描いています。



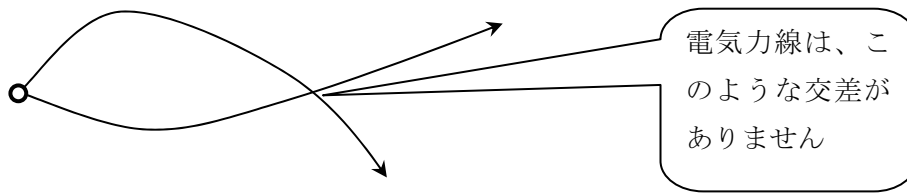
出ている電気力線の数 N [本]は、

$$N = \frac{Q}{\varepsilon} = \frac{Q}{\varepsilon_0 \varepsilon_s} \quad [\text{本}]$$

となります（ここで、 Q ：電荷の大きさ、 ε ：媒質中の誘電率、 ε_0 ：真空中の誘電率、 ε_s ：媒質の比誘電率）。

(2) 電界中における電気力線は、相互に交差しない

つぎに、電気力線は、相互に交差しないという性質を覚えましょう。

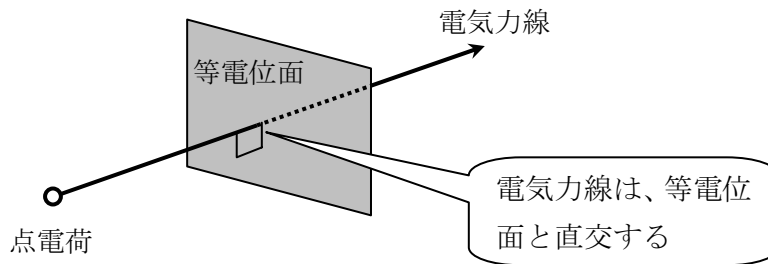


(3) 電界中における電気力線は、等電位面と直交する

また、電気力線は、等電位面と直交します。

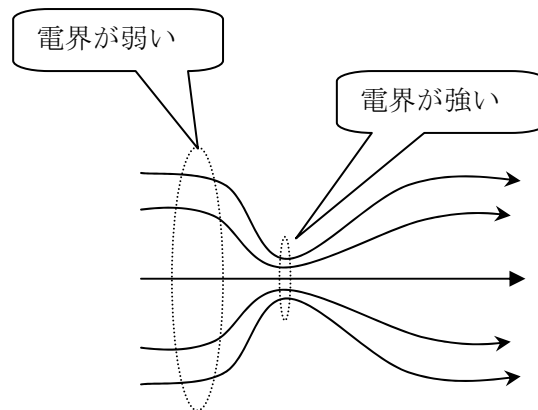
等電位面というのは、電位（電位は、電圧とほぼ同じ意味）の同じ場所を結んだ面です。天気図で言えば、同じ気圧を結んだ等圧線というのがありますね。等電位面とは、同じ電圧を結んだ面のことです。

逆に言えば、等圧線に直角に吹く風を電気力線と思えばよいかもしれません。



(4) 電界中のある点の電気力線の密度は、その点における電界の強さ(大きさ)を表す

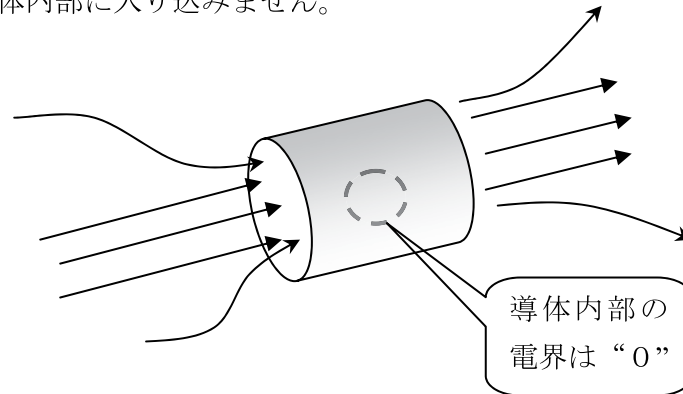
つぎに、電気力線は、電界の強さ(大きさ)が強ければ強いほど、密度も高くなります。



2. 電界の性質

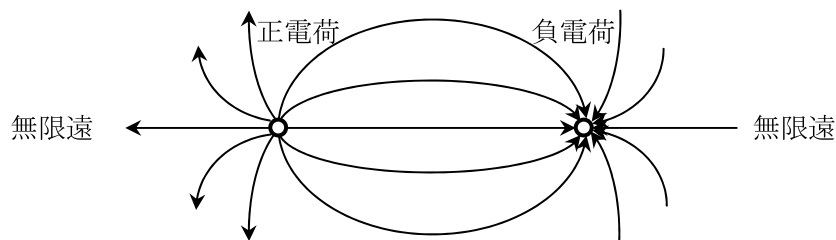
(5) 静電界中における導体内部の電界は、0である

図のように円柱の導体があった場合、電気力線は、導体に垂直に入りますが、その表面で途切れて導体内部に入り込みません。



(6) 電気力線は、正電荷から出て、負電荷または無限遠で終わる

最後に、電気力線は、「正電荷から出て、負電荷または無限遠で終わる」という性質を覚えましょう。



では、例題で学習してみましょう。

例題

静電界に関する次の記述のうちで、誤っているのはどれか。

- (1) 媒質中に置かれた正電荷から出る電気力線の本数は、その電荷の大きさに比例し、媒質中の誘電率に反比例する。
- (2) 電界中における電気力線は、相互に交差しない。
- (3) 電界中における電気力線は、等電位面と直交する。
- (4) 電界中のある点の電気力線の密度は、その点における電界の強さ(大きさ)を表す。
- (5) 電界中に置かれた導体内部の電界の強さ(大きさ)は、その導体表面の電界の強さ(大きさ)に等しい。

★解答は10ページ

【解説】

この問題の解答は、先に書いた電界の性質から理解できますね。

「(5) 静電界中における導体内部の電界は、0である。」という性質に反します。

ゆえに、選択肢は、(5) となります。

まとめ：この電界の性質は、いろいろな場面で、電気を理解するのに役立ちます。重要事項として覚えて下さい。

【解答】

例題 (5)

1 静電気と電界

3. 平行平板コンデンサの静電容量

学習の目的：コンデンサの電荷やエネルギー計算について、学習する。

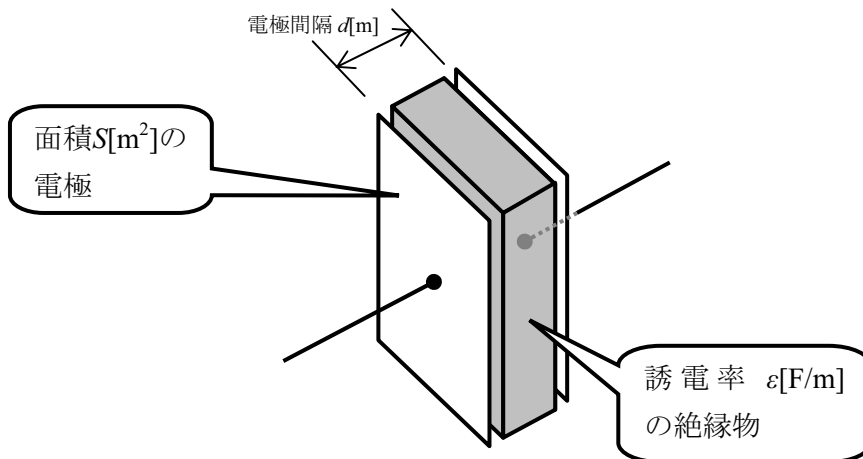
コンデンサとは、金属の電極を2個持った電気部品です。
その電極によって、電気を貯めることができます。
どれだけ貯める能力があるかと言いますと、

$$C = \frac{\epsilon S}{d} \quad [\text{F}] \dots\dots\dots \text{(重要公式)}$$

です (単位の F は、ファラッドと読みます)。

ここで、 ϵ は $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_s$ で電極間に挿入された絶縁物の誘電率[F/m]、 ϵ_0 は真空中の誘電率で $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ [F/m]、 S は電極の面積[m²]、 d は電極間隔[m]です。

図解しますと、下図となります。



さて、電気を貯めると言いましたが、どれだけ貯めるかと言いますと、電荷 Q [C]の量で、

$$Q = CV \quad [\text{C}]$$

となります (ここで、 V は、コンデンサに加える電圧[V]です)。

電荷の単位は、C (クーロンと読みます) です。

この電荷 Q [C]と言いますのは、プラス(+)やマイナス(-)の値を持つ電気の粒だと思ってください。