

臨床工学技士国家試験 電磁気学まとめ

理学系出身のため電場、磁場を用語として使います。

藤田 一寿

■ ポイント

- 電荷の量はQ[C(クーロン)]
- クーロンの法則
 - 電荷 q_1 と q_2 が距離 r 離れていたとき、電荷に加わる力は $F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$
- 電場の単位はV/m, N/C
 - 電荷 q_1 が場所 r に作る電場の強さは $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_1}{r^2}$
- 導体内の電場は0

クーロンの法則

■ 電荷

- 電荷には正(+)の電荷と負(−)がある
- 同じ電荷同士は反発する
- 異なる電荷同士は引き合う
- 電荷には量 がある(単位はCクーロン)



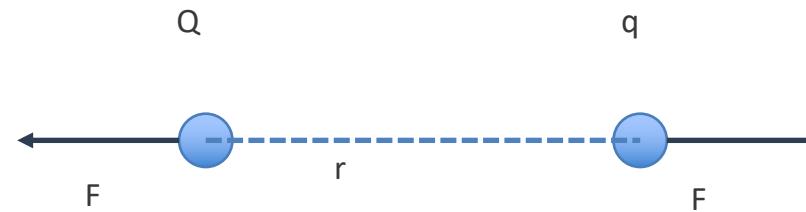
■ 静電気力(クーロン力)

- 電荷が複数ある場合、お互いに力を与え合う
- 力は距離の2乗に反比例する

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \frac{Qq}{r^2}$$

力	F [N]
距離	r [m]
電荷	Q, q [C]
真空の誘電率	ε_0

クーロンの法則



$$\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ F/m}$$

■ 問題

- ・真空中に1C（クーロン）の点電荷Aと2Cの点電荷Bが1mの距離で存在する。正しいのはどれか。（34回）
 1. Bの受ける力は、Aの受ける力の2倍である。
 2. Bの受ける力の方向は、A, Bを結ぶ直線に垂直である。
 3. A, B間の距離を0.5mとすると、Bの受ける力は2倍になる。
 4. Aの電荷量を2倍にすると、A及びBの受ける力は2倍になる。
 5. A及びBの電荷量を両方とも2倍にしても、Aの受ける力は変わらない。

■ 問題

- 真空中に1C（クーロン）の点電荷Aと2Cの点電荷Bが1mの距離で存在する。正しいのはどれか。（34回）
 - Bの受ける力は、Aの受ける力の2倍である。
 - Bの受ける力の方向は、A, Bを結ぶ直線に垂直である。
 - A, B間の距離を0.5mとすると、Bの受ける力は2倍になる。
 - Aの電荷量を2倍にすると、A及びBの受ける力は2倍になる。
 - A及びBの電荷量を両方とも2倍にしても、Aの受ける力は変わらない。

クーロンの法則は $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2}$ である。

- そもそも作用反作用の法則に反する。
- AとBが受ける力の方向は、AとBを結ぶ直線と同じ方向である。
- クーロンの法則では力は距離の2乗に反比例する。よって $0.5^2 = 1/4$ なので力は4倍となる。
- クーロンの法則では力はそれぞれの電荷の積に比例する。電荷の積は $2qq'$ なので、力は2倍となる。
- 力は電荷の積に比例するので、力は4倍になる。

問題

- 真空中に、それぞれ電荷 $+Q[\text{C}]$ が帶電する質点Aの及びBがある。これらの帶電体をそれぞれ長さ $a[\text{m}]$ の糸で点Pから吊るしたところ、図のように帶電体A, Bは鉛直直線に対する傾きが 45° となつて静止した。
・帶電体A, B簡易働く力 $F[\text{N}]$ の大きさとして正しいのはどれか。ただし、真空の誘電率は $\epsilon_0[\text{F/m}]$ とし、糸の質量は無視できるものとする。(33回)

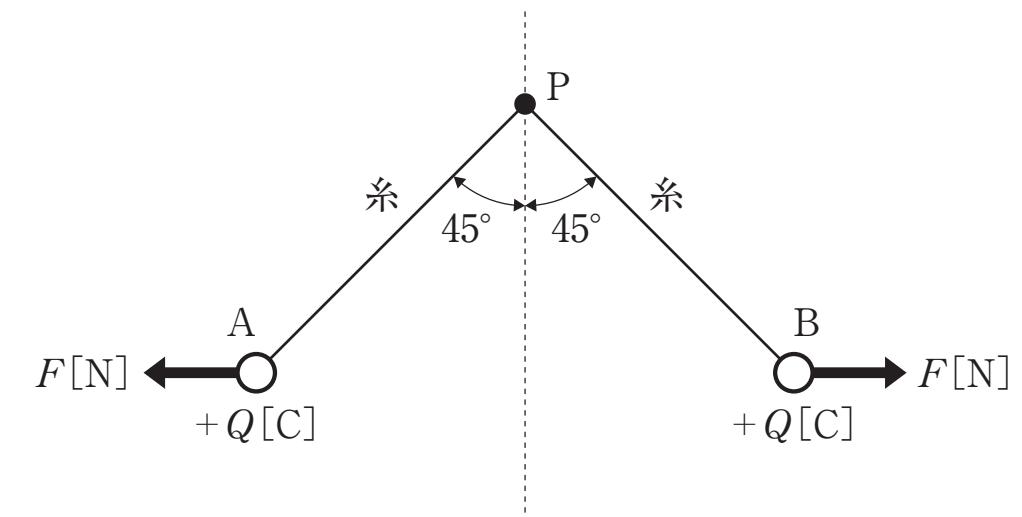
$$1. \frac{Q}{4\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a}$$

$$2. \frac{Q}{8\pi\epsilon_0 a^2}$$

$$3. \frac{Q^2}{2\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a}$$

$$4. \frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2}$$

$$5. \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0 a^2}$$



問題

- 真空中に、それぞれ電荷 $+Q[C]$ が帶電する質点A及びBがある。これらの帶電体をそれぞれ長さ $a[m]$ の糸で点Pから吊るしたところ、図のように帶電体A, Bは鉛直直線に対する傾きが 45° となって静止した。帶電体A, B簡易働く力 $F[N]$ の大きさとして正しいのはどれか。ただし、真空の誘電率は $\epsilon_0[F/m]$ とし、糸の質量は無視できるものとする。(33回)

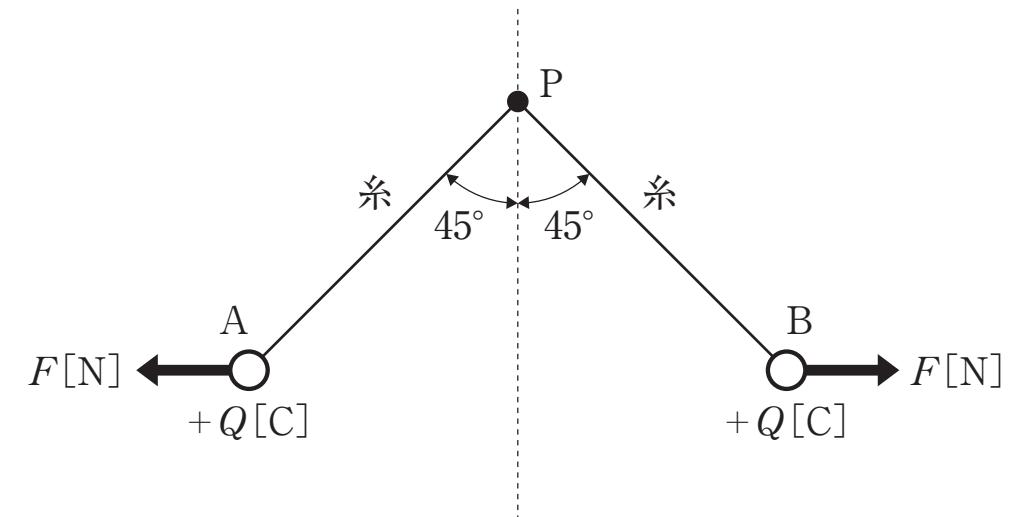
1. $\frac{Q}{4\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a}$

2. $\frac{Q}{8\pi\epsilon_0 a^2}$

3. $\frac{Q^2}{2\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a}$

4. $\frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2}$

5. $\frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0 a^2}$



クーロンの法則は $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2}$ である。

1, 2は分子が Q^2 になっていないので間違いである。

3, 4, 5は分母が異なるだけなので分母のみに着目する。

A, B間の距離は直角三角形ABPより $\sqrt{2}a$ である。よってクーロンの法則から力の分母は $4\pi\epsilon_0 \times (\sqrt{2}a)^2 = 8\pi\epsilon_0 a^2$ なので答えは5である。

■ 問題

- 真空中において、図のように一直線上に A, B, C の 3 点がある。A 点と C 点に $+1[C]$, B 点に $-1[C]$ の電荷があるとき、誤っているのはどれか。ただし、AB 間の距離は BC 間の距離の 2 倍である。（23回国家試験）

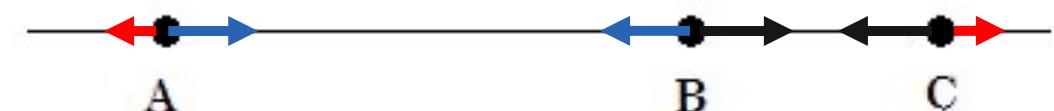


1. A の電荷に働く力の方向は A から B に向かう方向である。
2. B の電荷に働く力の方向は B から C に向かう方向である。
3. C の電荷に働く力の方向は C から B に向かう方向である。
4. A の電荷に働く力の大きさは B の電荷に働く力より大きい。
5. B の電荷に働く力の大きさは C の電荷に働く力より小さい。

問題

- 真空中において、図のように一直線上にA, B, Cの3点がある。A点とC点に+1[C], B点に-1[C]の電荷があるとき、誤っているのはどれか。ただし、AB間の距離はBC間の距離の2倍である。（23回国家試験）

- Aの電荷に働く力の方向はAからBに向かう方向である。
- Bの電荷に働く力の方向はBからCに向かう方向である。
- Cの電荷に働く力の方向はCからBに向かう方向である。
- Aの電荷に働く力の大きさはBの電荷に働く力より大きい。**
- Bの電荷に働く力の大きさはCの電荷に働く力より小さい。



BC間の距離をlとするし、力を右向きを正としたスカラー量で表すと

$$F_A = F_{AB} + F_{AC} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{1}{4l^2} - \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{1}{9l^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 l^2} \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 l^2} \frac{5}{36}$$

$$F_B = F_{BA} + F_{BC} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{1}{4l^2} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{1}{l^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 l^2} \left(-\frac{1}{4} + 1 \right) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 l^2} \frac{3}{4}$$

$$F_C = F_{CA} + F_{CB} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{1}{9l^2} - \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{1}{l^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 l^2} \left(\frac{1}{9} - 1 \right) = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0 l^2} \frac{8}{9}$$

よって、

Aに働く力はAからB向きなので1は正しい。

Bに働く力はBからC向きなので2は正しい。

Cに働く力はCからB向きなので3は正しい。

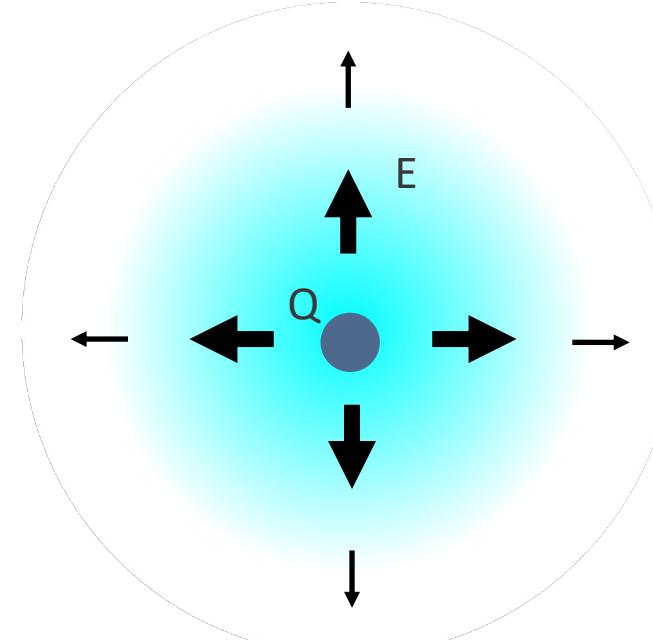
Aに働く力の大きさはBに働く力より小さいので4は間違い。

Bに働く力の大きさはCに働く力より小さいので5は正しい。

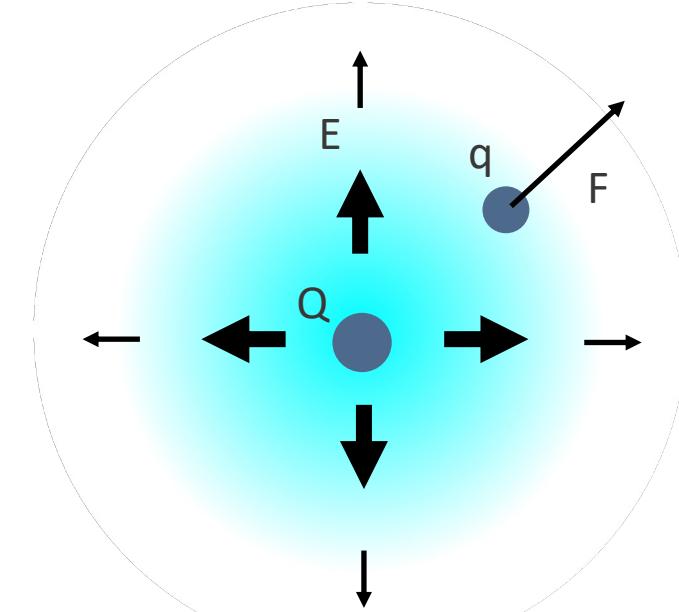
電場

■ 電場

- 電場は1[C]の電荷が場から受ける力だとする.
- 電場の単位はN/C（もしくはV/m）である.
- 電場 E 中にある電荷 q [C]が電場から受ける力は $F = qE$.



電荷 Q の周囲に電場 E という場
が生じると考える。

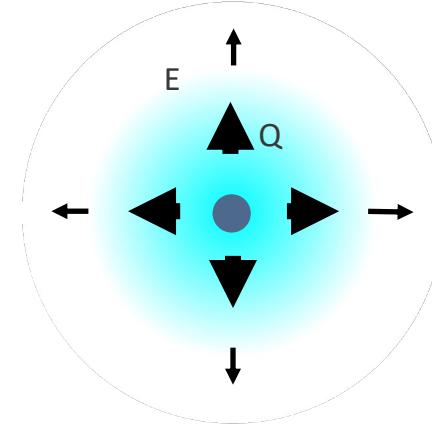


電場 E に電荷 q が存在すると,
その電荷には力 F が働く.
つまり電場が電荷に力を働きか
けたと考える。

■ 点電荷が作る電場

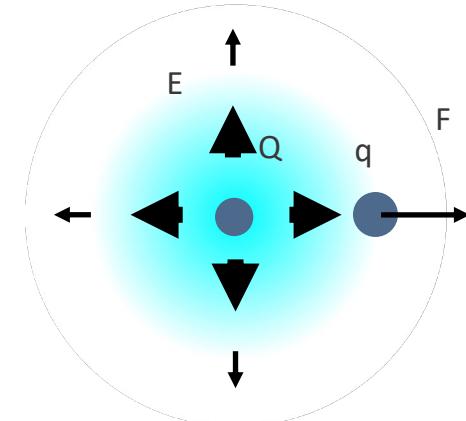
- 電場とは、1 Cの電荷が場から受ける力である。
- 点電荷 Q が周囲に作る電場の大きさは、

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}$$



- もし、電荷が q [C] があれば、その電荷が受ける力の大きさは

$$\begin{aligned} F &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{r^2} \\ &= qE \end{aligned}$$



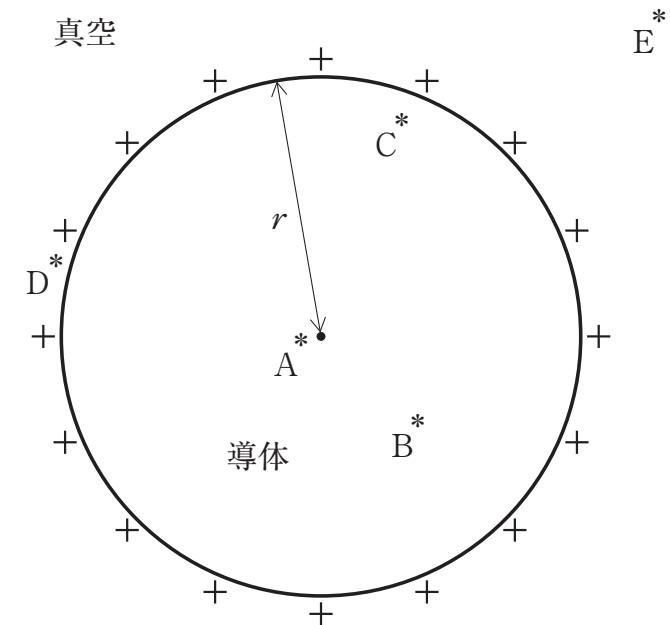
■ 導体と電場

- ・導体内の電場は0である。

■ 問題

- 図は真空中に正電荷で帯電した半径 r の導体球の断面である。図中の各点（*）において電場強度の最も大きい点はどれか。（32回）

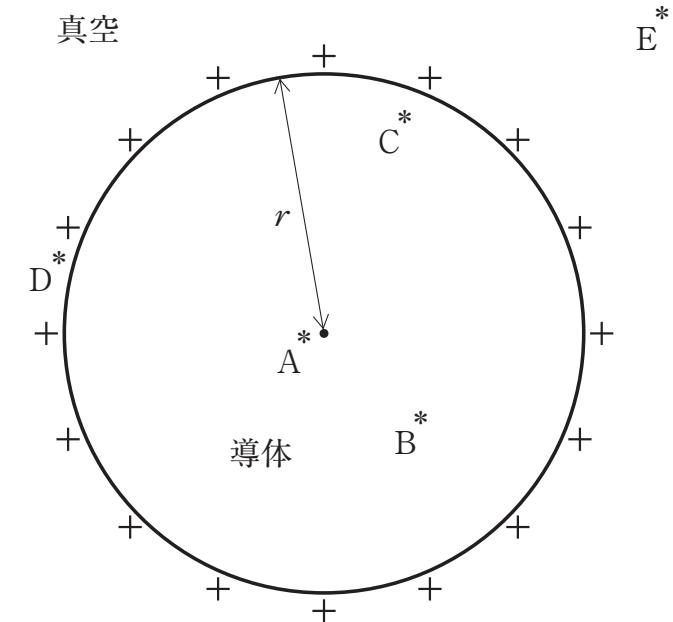
1. A
2. B
3. C
4. D
5. E



問題

- 図は真空中に正電荷で帯電した半径 r の導体球の断面である。図中の各点（*）において電場強度の最も大きい点はどれか。（32回）

1. A
2. B
3. C
4. D
5. E



導体内的電場は0, 電位は一定である。

正の電荷に帯電しているので, 導体内の電場は他より低いため, A, B, Cは間違い。

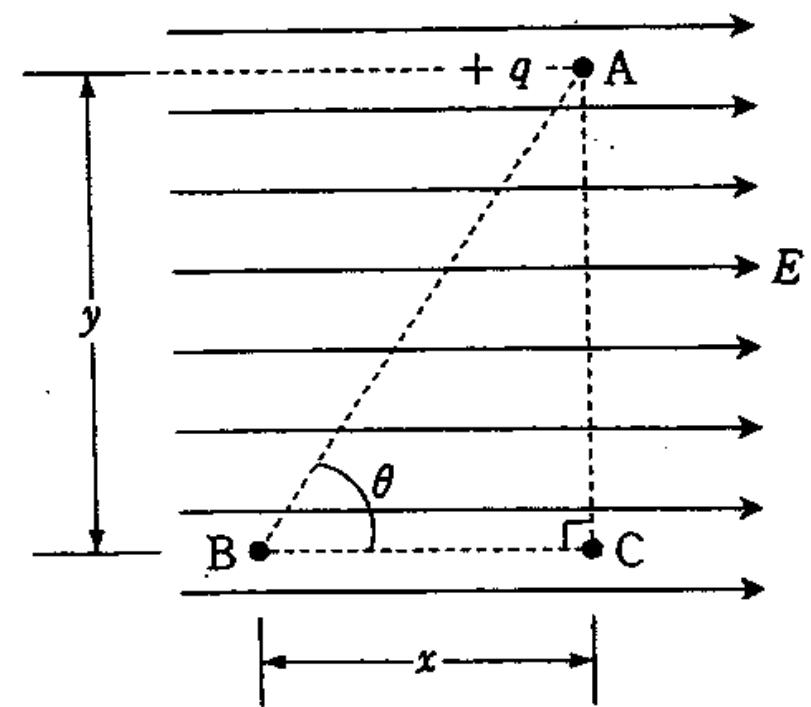
電場の大きさは特殊な場合を除き電荷の距離が遠いほど小さい。よって電荷に一番近い点Dの電場が最も大きい。

電位

■ 問題

- 図のような一様電場中の点Aに $+q[C]$ の電荷がある。この電荷をAからBへ動かすときの仕事[J]はどれか。ただし、電界の強さを $E[V/m]$, BC間の距離を $x[m]$, AC間の距離を $y[m]$ とする。

- qEx
- qEy
- $qEx+qEy$
- $qEx/\sin \theta$
- $qEx/\cos \theta$



問題

- 図のような一様電場中の点Aに $+q[C]$ の電荷がある。この電荷をAからBへ動かすときの仕事[J]はどれか。ただし、電界の強さを $E[V/m]$ 、BC間の距離を $x[m]$ 、AC間の距離を $y[m]$ とする。

1. qEx

2. qEy

3. $qEx + qEy$

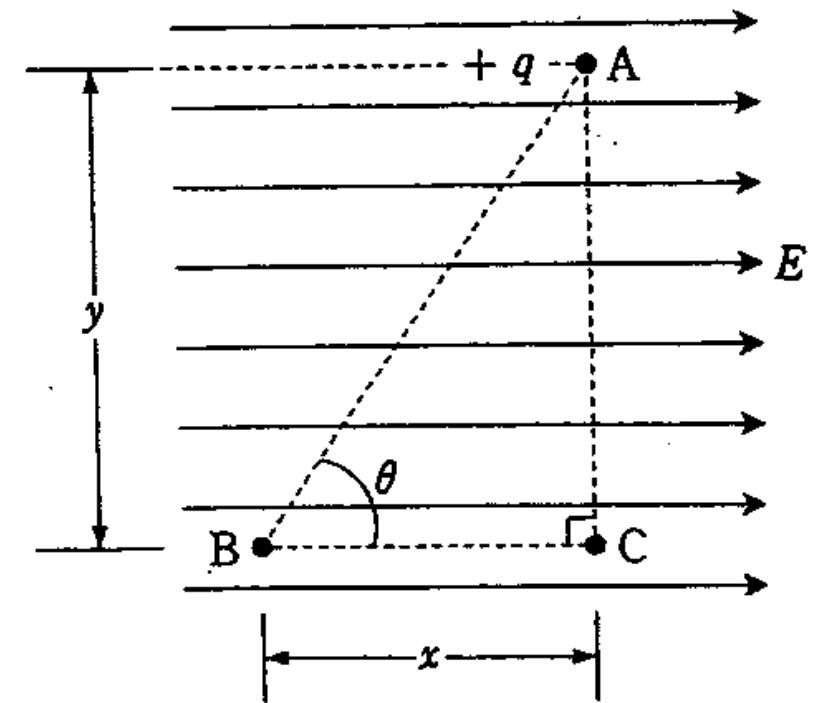
4. $qEx / \sin \theta$

5. $qEx / \cos \theta$

経路ABの移動で必要な仕事と経路ACBの移動で必要な仕事は同じである。

また、AC間は等電位面なので仕事は必要ない。
よって移動に必要な仕事はBC間の移動で必要な仕事のみである。
よって移動で必要な仕事は

$$W = qEx$$



■ 問題

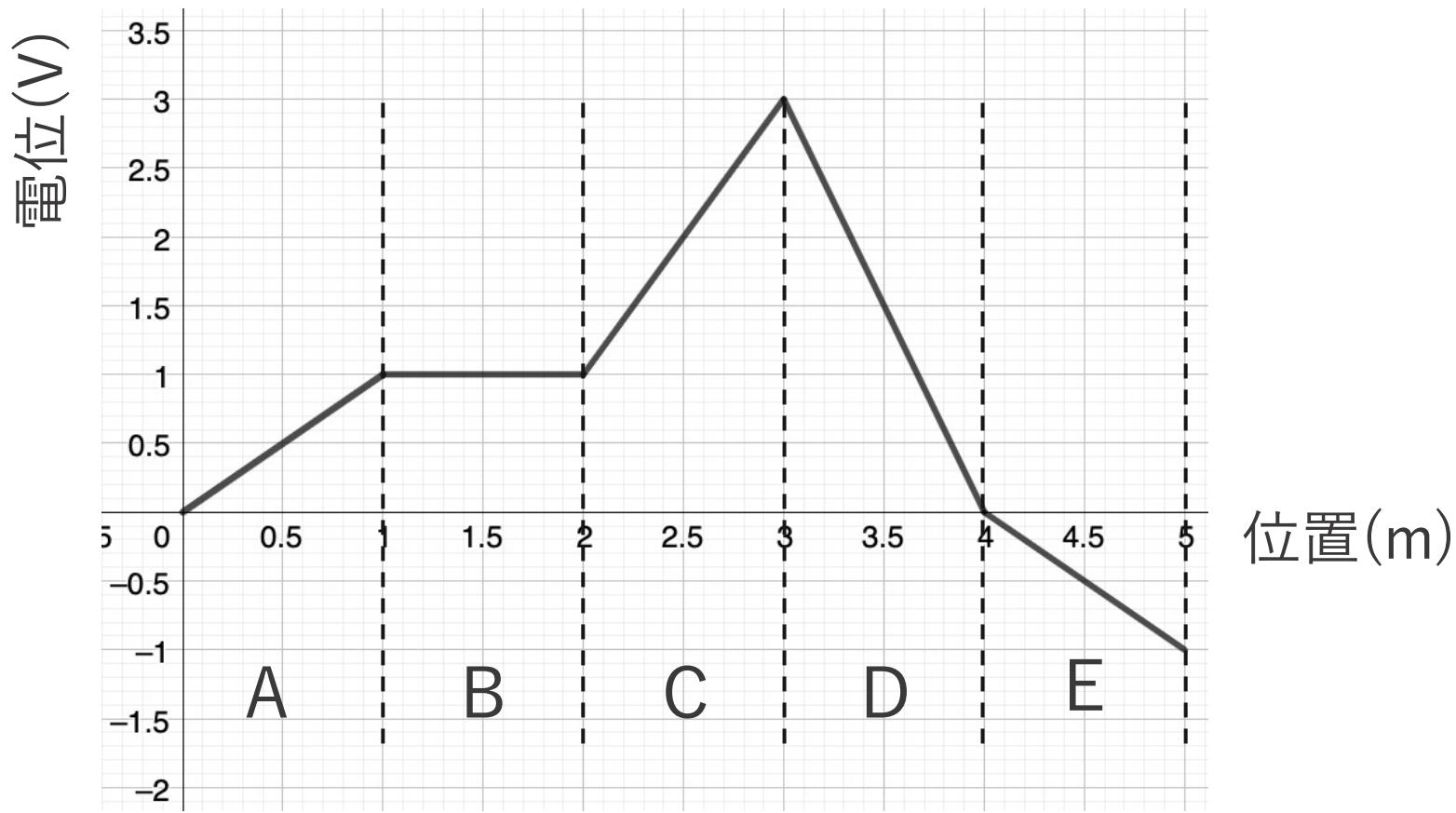
- 正しいのはどれか。アルファベットで答えよ。
- 電場の強さは+1[C]の電荷に働く力によって定義される。
 - 電場の強さの単位は[m/V]で表される。
 - 单一電荷によって生じる電場の強さは電荷からの距離の2乗に比例する。
 - 電場はスカラー量である。
 - 電位は電場中で+1[C]の電荷を移動させるのに要する仕事である。
 - 单一電荷によって生じる電位は電荷からの距離に反比例する。
 - 電位はベクトル量である。

■ 問題

- 正しいのはどれか。アルファベットで答えよ。
- a. 電場の強さは $+1[C]$ の電荷に働く力によって定義される。
 - b. 電場の強さの単位は[m/V]で表される。
 - c. 単一電荷によって生じる電場の強さは電荷からの距離の2乗に比例する。
 - d. 電場はスカラー量である。
 - e. 電位は電場中で $+1[C]$ の電荷を移動させるのに要する仕事である。
 - f. 単一電荷によって生じる電位は電荷からの距離に反比例する。
 - g. 電位はベクトル量である。
 - a. 正しい。
 - b. V/mである。
 - c. 電場は逆二乗則が成り立つので反比例である。
 - d. 電場はベクトル量である。
 - e. 正しい
 - f. 正しい。
 - g. 電位はスカラー量である。

■ 問題

- 図のように電位が変化するとき、以下の問いに答えよ。
- 電場のグラフを描け。ただし、電場は右向きを正とする。
 - 区間 A と電場の大きさ（絶対値）が等しい区間を求めよ。



問題

- 図のように電位が変化するとき、以下の問い合わせよ。
- 電場のグラフを描け。ただし、電場は右向きを正とする。
 - 区間Aと電場の大きさが等しい区間を求めよ。

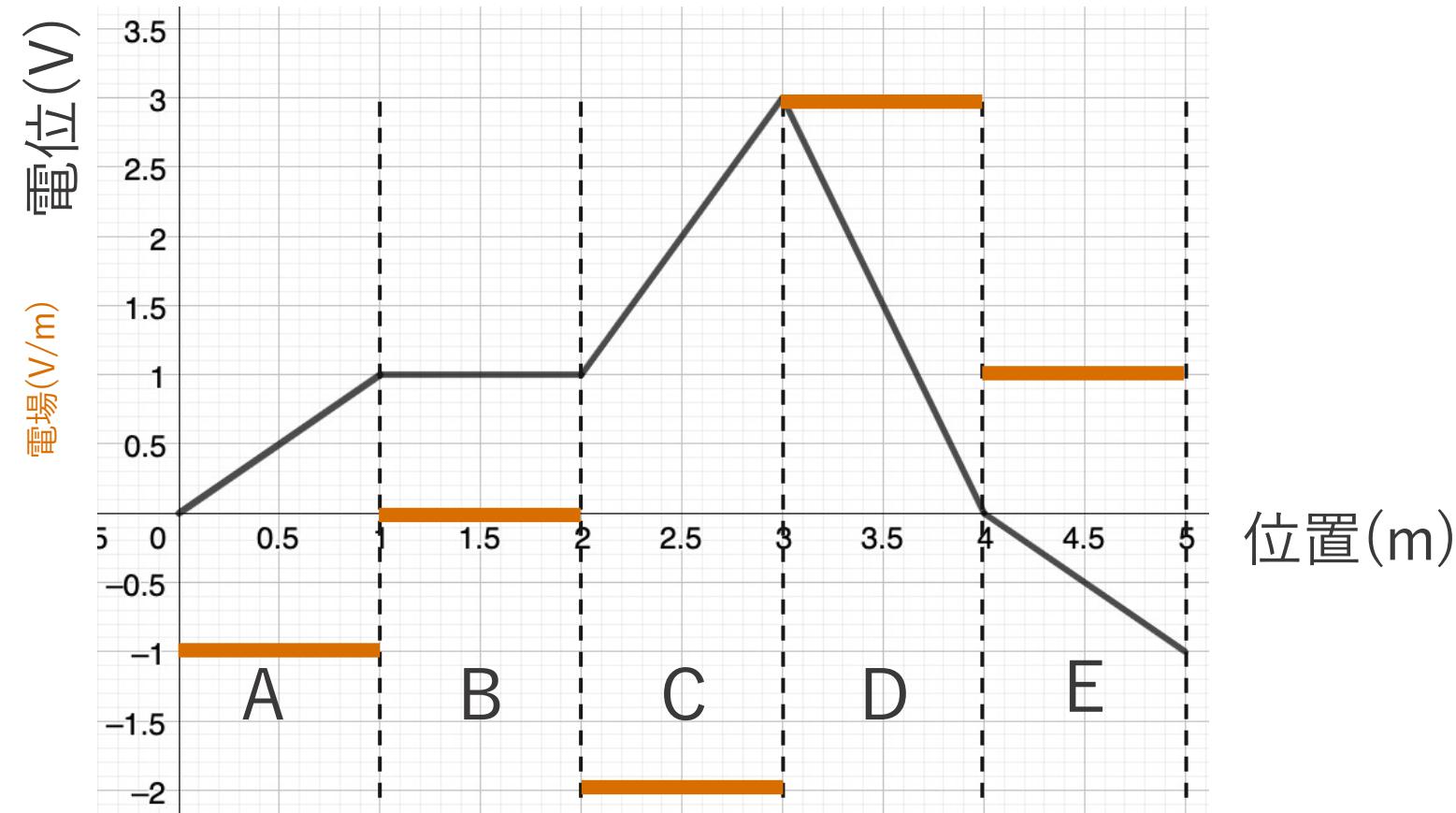
1. 電位は1Cをx移動させるのに必要な仕事なので

$$V = (-E)x$$

つまり、電場Eは傾きx(-1)である。

よって、グラフは図のようになる。

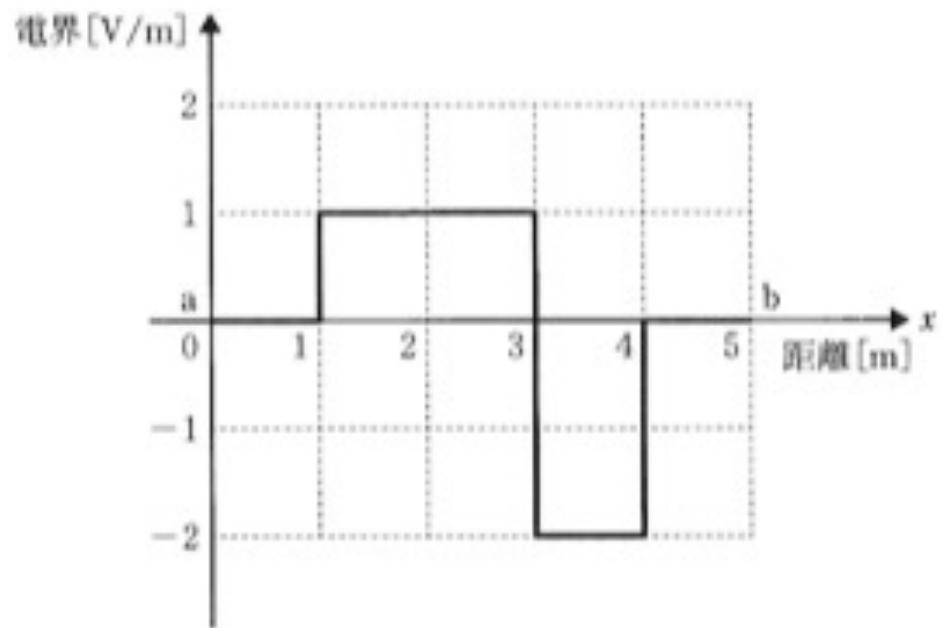
2. 区間Aと電場の大きさが等しい区間は、区間Aと傾きの大きさが等しい区間であるので、区間Eが答えである。



■ 問題

- X軸方向に電界が存在する平面状で、2点 ab 間の電界分布が図のようになっているとき、ab 間の電位差 [V] はどれか。(臨床工学技士国家試験28回)

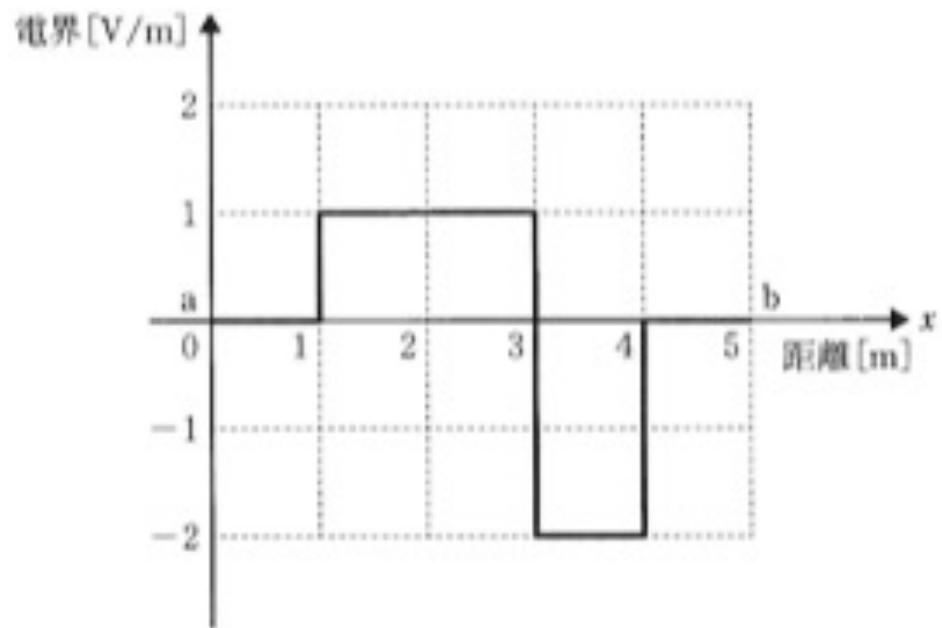
1. -2
2. 0
3. 1
4. 2
5. 4



■ 問題

- X軸方向に電界が存在する平面状で、2点 ab 間の電界分布が図のようになっているとき、ab 間の電位差 [V] はどれか。(臨床工学技士国家試験28回)

1. -2
2. 0
3. 1
4. 2
5. 4



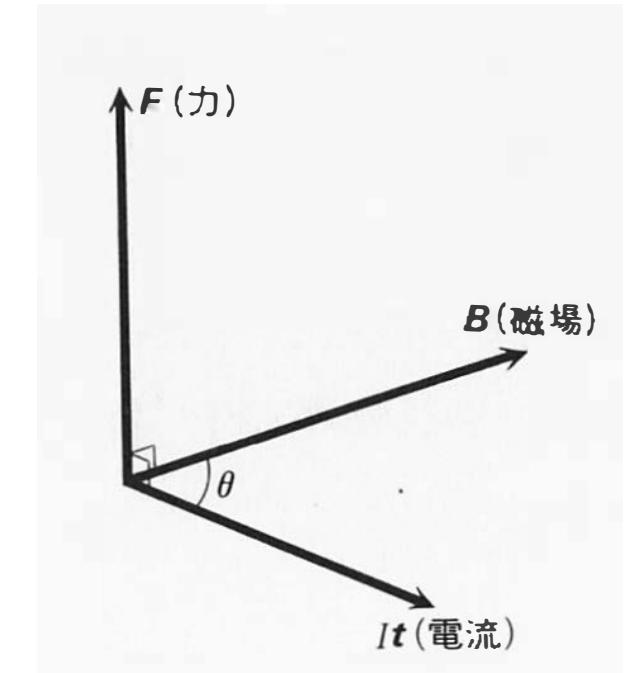
磁場

■ 磁場

- ・磁石も電荷と同じように、他の磁石に空間を隔てて影響を与える。
- ・磁石のまわりにおこる空間の変化を磁場という。
- ・時間変化しない場合、静磁場という。

■ 静磁場中の電流に働く力

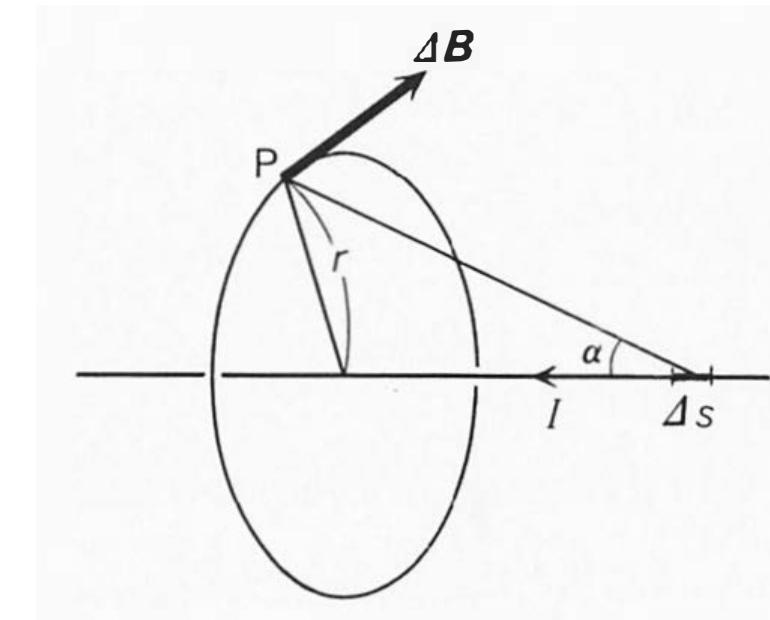
- 磁場中にある導線に電流を流すと、導線に力が働く。
- 図のように磁束密度Bの静磁場中に角度 θ で長さ δs の導線を置き、それに電流Iを流した時、力 ΔF が働くとする。
- それぞれの関係は、
- $\Delta F = IB \sin \theta \delta s$
- と表せる。



左手の法則

■ 電流が生成する磁場

- ・磁場は電流により作られる。
- ・磁場の方向は電流の向きに対し右ねじ方向である。
- ・点Pにおける磁束密度Bは
- ・ $B(r) = \frac{\mu}{2\pi} \frac{I}{r}$
- ・ μ は定数である。



■ 磁場と磁束密度

- 磁場と磁束密度

- $$\bullet B = \mu H$$

- 透磁率と比透磁率

- $\bullet \mu$ を透磁率という.
- \bullet 真空中の透磁率を特別に μ_0 と書く.
- $\bullet \mu / \mu_0$ を比透磁率という.

■ 導線に働く力

- 2本の導線を距離R隔てて平行に置く。それぞれの導線に電流I, I'を流した時、導線に働く力を求めよう。

- 電流Iが距離Rの場所に作る磁場の磁束密度Bは

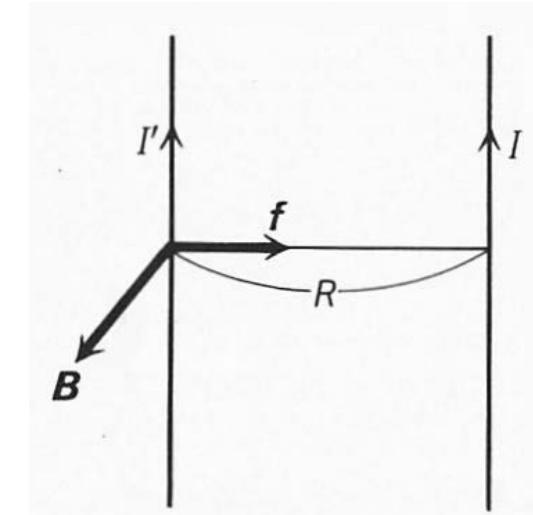
$$\bullet B(r) = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{r}$$

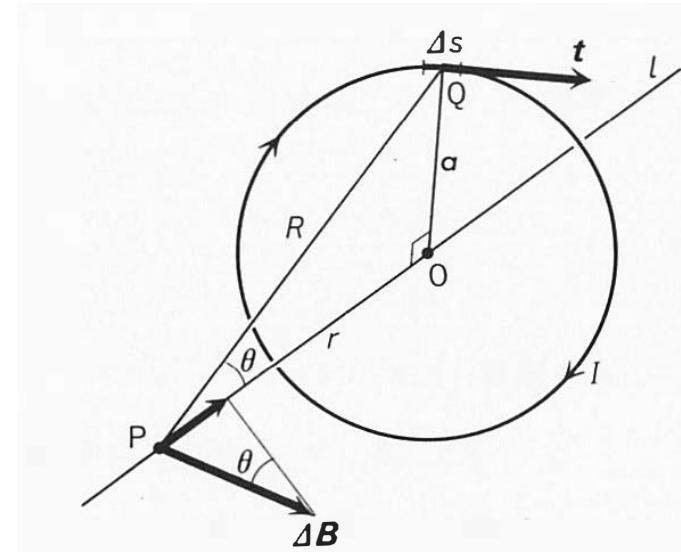
- よって、I'に働く単位長さあたりの力Fは、

$$\bullet F = IB \sin \theta$$

- 右ねじの法則から電流は磁場に対し垂直なので $\theta = \frac{1}{2\pi}$ となる。よって

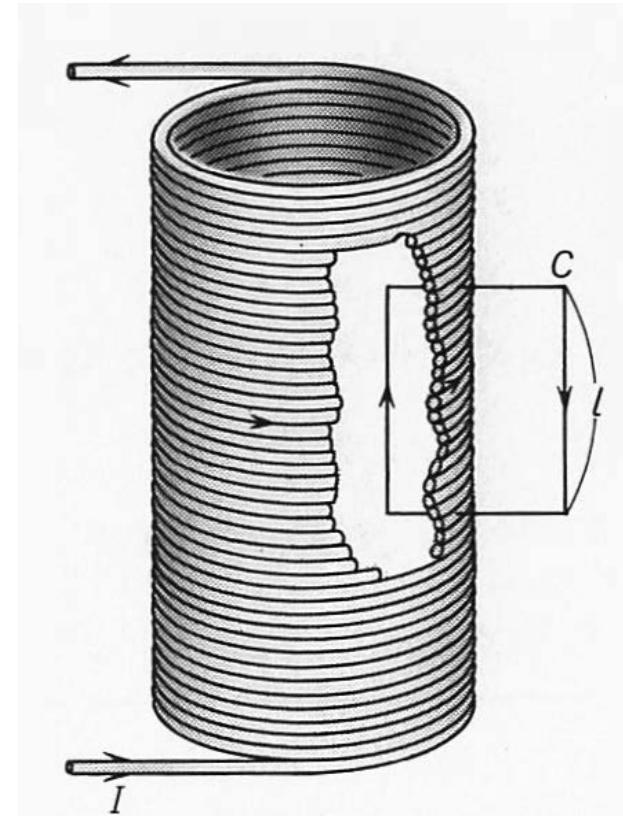
$$\bullet F = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{II'}{r}$$





■ ソレノイド

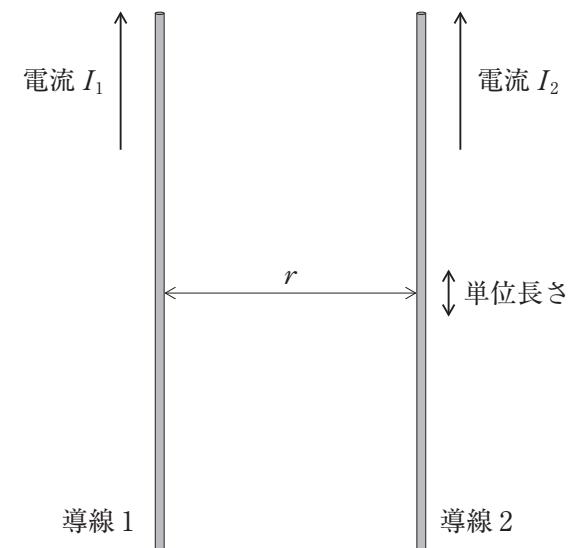
- $B = \mu_0 n I$



■ 問題

- 図のように真空中で r 離れた無限に長い平行導線 1, 2 に、大きさが等しい電流 I_1 , I_2 が同じ方向に流れている時正しいのはどれか。ただし、 I_1 が導線 2 につくる磁束密度を B_1 , I_2 が導線 1 に作る磁束密度を B_2 , 導線 2 の単位長さにかかる力を F_2 とする。
(32回)

- 磁束密度 B_1 は電流 I_1 に反比例する。
- 電流 I_1 と磁束密度 B_1 との向きは逆方向となる。
- 導線 1 と導線 2 の間には引力が働く。
- 力 F_2 は導線間の距離 r に比例する。
- 磁束密度 B_1 と磁束密度 B_2 の向きは同方向となる。

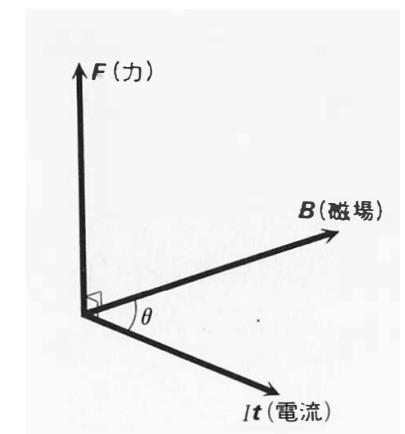
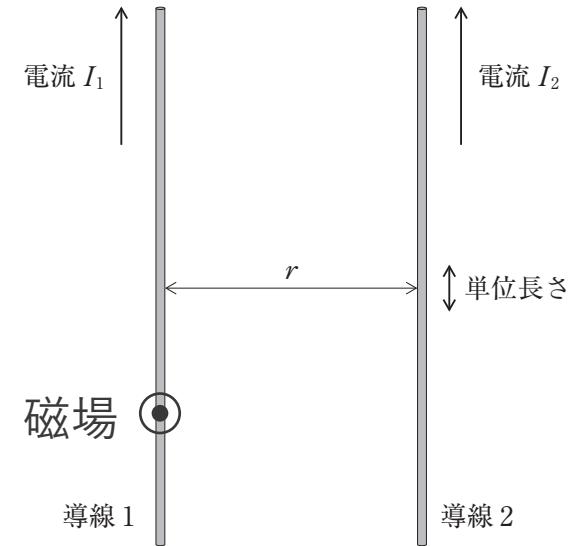


問題

- 図のように真空中で r 離れた無限に長い平行導線 1, 2 に、大きさが等しい電流 I_1 , I_2 が同じ方向に流れている時正しいのはどれか。ただし、 I_1 が導線 2 につくる磁束密度を B_1 , I_2 が導線 1 に作る磁束密度を B_2 , 導線 2 の単位長さにかかる力を F_2 とする。(32回)

- 磁束密度 B_1 は電流 I_1 に反比例する。
- 電流 I_1 と磁束密度 B_1 の向きは逆方向となる。
- 導線 1 と導線 2 の間には引力が働く。
- 力 F_2 は導線間の距離 r に比例する。
- 磁束密度 B_1 と磁束密度 B_2 の向きは同方向となる。

- 電流が作る磁束密度は $B(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ なので比例する。公式を知らなくても、電流が強ければ磁束密度も大きくなるはずなので反比例しないことは分かる。
- 磁場は右ねじ方向である。
- 左手の法則から引力が働く事がわかる。
- 磁束密度は距離に対し反比例する。磁場による力は磁束密度に比例するので、距離には反比例する。
- 右ねじの法則から内側は同方向だが、外側は反対方向となる。



■ 問題

- 直径10cm, 卷数100回の円形コイルに20mAの電流が流れたとき, コイルの中心にできる磁場の大きさ[A/m]はどれか. ただし, 卷線の太さは無視する. (臨床工学技士国家試験33)
 - 1
 - 10
 - 20
 - 100
 - 200

■ 問題

- 直径10cm, 卷数100回の円形コイルに20mAの電流が流れたとき, コイルの中心にできる磁場の大きさ[A/m]はどれか. ただし, 卷線の太さは無視する. (臨床工学技士国家試験33)

- 1
- 10
- 20
- 100
- 200

$$B = \mu_0 n I \text{だから}$$
$$B = 100 * 20 \text{mA}$$

■ 問題

- 磁気の性質について正しいのはどれか。
 1. 無限に長いソレノイドでは内部の磁束密度は一様である。
 2. 有限幅のソレノイドでは外部に一様な磁場が存在する。
 3. 1回巻き円形コイルの中心における磁場の大きさは、円形コイルの半径の2乗に反比例する。
 4. 直線電流によって生じる磁場の大きさは、電流からの距離の2乗に反比例する。
 5. 永久磁石に使用する磁性体の比透磁率は約1である。

■ 問題

- 磁気の性質について正しいのはどれか。
 1. 無限に長いソレノイドでは内部の磁束密度は一様である。
 2. 有限幅のソレノイドでは外部に一様な磁場が存在する。
 3. 1回巻き円形コイルの中心における磁場の大きさは、円形コイルの半径の2乗に反比例する。
 4. 直線電流によって生じる磁場の大きさは、電流からの距離の2乗に反比例する。
 5. 永久磁石に使用する磁性体の比透磁率は約1である。

■ 問題

- インダクタに流れる電流を1.0s間に0.1Aから0.2Aに一定の割合で増加させたところ、1.0Vの誘導起電力が生じた。このとき、自己インダクタンス[H]はどれか。（臨床工学技士国家試験33）
 - 0.1
 - 0.5
 - 1.0
 - 5.0
 - 10