

静電気1.

電気力線に関する記述として誤っているものを1つ選べ。

- ① 電気力線は途中で折れ曲がったり交差したりしない
- ② 電気力線上の各点での法線方向が、電場（電界）の方向を表す。
- ③ 電気力線が密な場所ほど、電場は強い
- ④ 電気力線は正電荷から出て、負電荷に入る。
- ⑤  $+Q[C]$ の電荷から出る電気力線の総本数は、誘電率を $\epsilon$ とすると  $Q/\epsilon$  本である。

【解答】

- ① 電気力線は、「その点での接線」が「その点での電場（電界）の向き」を表すんだっただね！もしも電気力線が交差するなら、その点での電界が2種類存在することになる。電界は「 $+1[C]$ が受ける力」つまりベクトル量だから、そんなことになるなら合成すればいいよね。（電界は重ね合わせができるんだっただね！）その、合成した後の電界の様子が電気力線なので、電気力線は交差したりしないんだ。
- ② 「法線」とは何らかの曲線や曲面に「垂直な線」という意味だよ。  
ある平面に平行なベクトルは無限に引けるけど、垂直なベクトルはただ一つの方向に決まるね。（「向き」と「方向」は違う意味だったね！）  
直線や平面は、「通る一点」と「法線ベクトル」の2つが決まると、ただ一通りに決まるんだ！  
ところで、電気力線は、「その点での接線」が「その点での電場（電界）の向き」を表すんだっただね。だから②は誤りなんだ！
- ③ 「電界」 = 「 $1\text{ m}^2$  あたりに垂直に刺さっている電気力線の本数」だね！
- ④ 正しい
- ⑤ 正しい。「 $+Q[C]$ の電荷から電気力線が  $Q/\epsilon$  本出る」は覚えよう！

**答 ②が誤り**

静電気 2.

$2 \times 10^{-4} [C]$  の電荷から  $5 [m]$  だけ離れた場所での電界の強さは何  $[N/C]$  か。  
ただし電荷は真空中にあるものとし、真空中のクーロンの比例定数は  
 $k = 9.0 \times 10^9$  とする。

【解答】

その場所に  $+ 1 [C]$  置いたときに、その  $+ 1 [C]$  が受ける力を考えればよい。

$$k \frac{Q \cdot 1}{r^2} = \frac{9.0 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-4}}{5^2} = 0.72 \times 10^5 = 7.2 \times 10^4$$

答  $7.2 \times 10^4 [N/C]$

同じ値であればどんな答えでもいいよ！

この問題を間違えた人は、問題の数値だけを変えた値変え問題を自分で作って  
気が済むまで練習しよう。

2 周目でも間違えたらまた値変え問題を作って気が済むまで練習しよう。

必ずマスターしよう！

値変え問題は、夕霧塾の必殺技だ。塾生なら呼吸をするように「間違えたら値変え問題」を作ろう。本当に強力な必殺技だから必ずやろう。

静電気 3.

$2 \times 10^{-4} [C]$  の電荷から  $5 [km]$  だけ離れた場所での電界の強さは何  $[N/C]$  か。  
ただし電荷は真空中にあるものとし、真空中のクーロンの比例定数は  
 $k = 9.0 \times 10^9$  とする。

【解答】

その場所に  $+1 [C]$  置いたときに、その  $+1 [C]$  が受ける力を考えればよい。

$$k \frac{Q \cdot 1}{r^2} = \frac{9.0 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-4}}{(5 \times 10^3)^2} = 0.72 \times 10^{-1} = 7.2 \times 10^{-2}$$

答  $7.2 \times 10^{-2} [N/C]$

同じ値であればどんな答えでもいいよ！

この問題を間違えた人は、問題の数値だけを変えた値変え問題を自分で作って  
気が済むまで練習しよう。

2周目でも間違えたらまた値変え問題を作って気が済むまで練習しよう。

必ずマスターしよう！

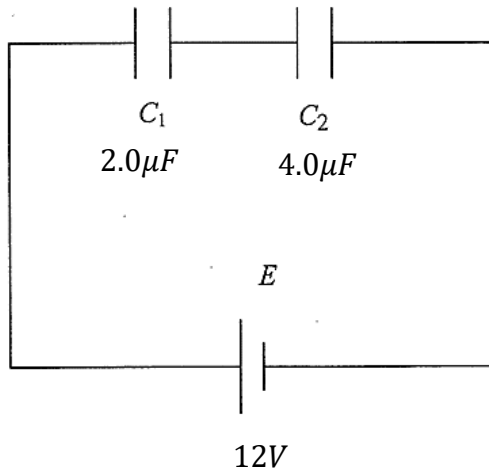
科学にはM K S単位、と言うものがある。

長さはm、質量はkg、時間は秒（s）で表す、という約束だ。

5 kmならそれをメートルに直して  $5 \times 10^3$  で計算するんだ。

「キロ(k)を直さずにそのまま使えるのは質量だけ」と覚えておくといいよ。

静電気4. C1に蓄えられる静電エネルギーは？



【解答】

直列接続なので静電容量の逆比に電圧がかかる。

C1にかかる電圧 V<sub>1</sub> は

$$V_1 = \frac{4}{2+4} \times 12 = 8[V]$$

C1に蓄えられる静電エネルギーは

$$\frac{1}{2} C_1 V_1^2 = \frac{1}{2} \times (2.0 \times 10^{-6}) \times 8^2 = 64 \times 10^{-6} = 6.4 \times 10^{-5}$$

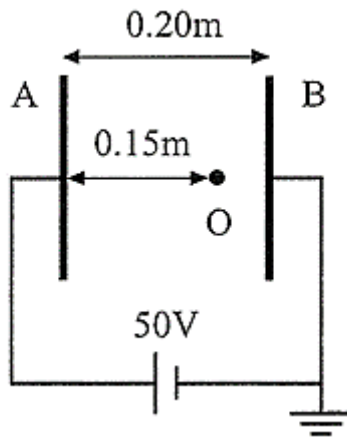
**答 6.4 × 10<sup>-5</sup>[J]**

同じ値であればどんな答えでもいいよ！

エネルギーの単位は[J]（ジュール）ということにも注意しよう！

**間違えたら値替え問題を作ってやってみてね！**

静電気 5.



図の点 O の位置に  
電気量  $Q = +4[\text{C}]$   
質量  $m = 5 \times 10^{-30}[\text{kg}]$   
の荷電粒子を置いた。  
荷電粒子が受ける静電気力は？

【解答】

一様電場なので静電気力  $F$  は

$$F = QE$$

電場（電界） $E$  は

$$E = \frac{V}{d} = \frac{50}{0.2} = 250$$

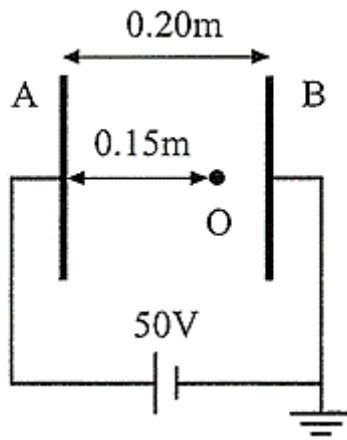
よって

$$F = QE = 4 \times 250 = 1000[\text{N}]$$

**答 1000[N]**

間違えたら、次の問題に進む前に必ず値替え問題を作ってマスターしよう！！

静電気6.



図の点Oの位置に  
電気量  $Q = +4[\text{C}]$   
質量  $m = 5 \times 10^{-30} [\text{kg}]$   
の荷電粒子を置いた。  
荷電粒子の加速度は？  
ただし重力の影響を無視する。

【解答】

荷電粒子が受ける力は

- ・タッチの力はゼロ
  - ・クーロン力（静電気力）は  $F = QE = 4 \times \frac{50}{0.2} = 1000[\text{N}]$
- 電磁力、重力はゼロ。

よって運動方程式は

$$ma = F$$

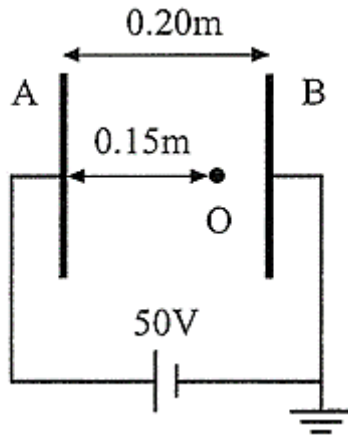
$$5 \times 10^{-30} a = 1000$$

$$a = \frac{1000}{5 \times 10^{-30}} = 2.0 \times 10^{32}$$

答  $a = 2.0 \times 10^{32} [\text{m/s}^2]$

しつこいようだけど、間違えたら、次の問題に進む前に必ず値替え問題を作ってマスターしよう！！

静電気7.



図の点Oの位置に  
電気量  $Q = +4[C]$   
質量  $m = 5 \times 10^{-30} [kg]$   
の荷電粒子を置いた。  
重力の影響を無視する。  
荷電粒子が極板に衝突する直前の速さ  $v$   
は？

【解答①】

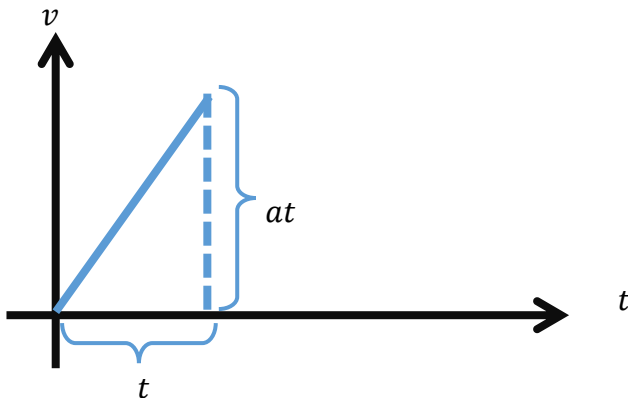
運動方程式から求める方法。

荷電粒子の加速度  $a$  は、 $F = ma$  より

$$a = \frac{F}{m} = \frac{QE}{m} = \frac{QV/d}{m} = \frac{4 \times 50/0.20}{5 \times 10^{-30}} = 2.0 \times 10^{32}$$

$v-t$  グラフは次のよう

衝突までの時間を  $t$  とする。



この三角形の面積  $\frac{1}{2} at^2$  が移動距離  $0.20 - 0.15 = 0.05$  になるので

$$\frac{1}{2} \times 2.0 \times 10^{32} \times t^2 = 0.05$$

$$t = \sqrt{\frac{5}{10^{34}}} = \sqrt{5} \times 10^{-17}$$

衝突直前の速さは

$v = \text{加速度} \times \text{時間} \quad \leftarrow (1 \text{ 秒あたりに増える速度}) \times (\text{かかった秒数})$

$$= at = 2.0 \times 10^{32} \times \sqrt{5} \times 10^{-17}$$

$$= \underline{2\sqrt{5} \times 10^{15}}$$

【解答②】

エネルギー保存則で解く方法。

極板 B を電位の基準として考える。

・点 O で持っているエネルギーは

運動エネ：0

$$\text{位置エネ：} QV = QEd = 4 \times \frac{50}{0.20} \times 0.05 = 50$$

・極板 B に衝突したとき

$$\text{運動エネ：} \frac{1}{2} mv^2$$

位置エネ：0

エネルギー保存則より

$$50 = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \times 5 \times 10^{-30} \times v^2$$
$$v = \underline{\sqrt{20 \times 10^{30}} = 2\sqrt{5} \times 10^{15}}$$

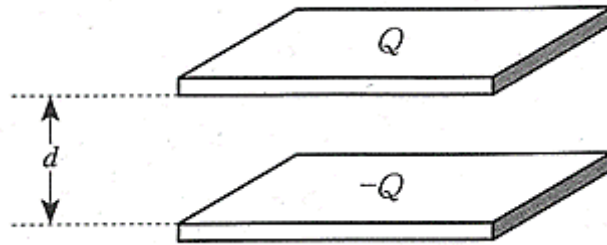
【一口メモ】

力学問題を見たら、まずはエネ保で何とかなるものか考える。

エネ保で行けるならエネ保が速い。

時間  $t$  を聞かれている問題はエネ保では解けないので運動方程式で解く。

静電気8.



この空間の誘電率を  $8.9 \times 10^{-12}$  とする。

極板の面積は  $4 \text{ m}^2$ 、極板間隔  $d = 2 \text{ mm}$  である。

$Q = 17.8 \text{ [C]}$  の時、極板間の電位差  $V$  はいくらか。

【解答】

極板から出ている電気力線の総本数は

$$N = \frac{Q}{\epsilon} = \frac{17.8}{8.9 \times 10^{-12}} = 2.0 \times 10^{12}$$

電場（電界）の強さ = 「 $1 \text{ m}^2$ あたりに垂直にささる電気力線の本数」  
なので

$$E = \frac{N}{S} = \frac{2.0 \times 10^{12}}{4} = 5.0 \times 10^{11}$$

一様電場の電位差 = 電界 × 距離なので

$$V = Ed = 5.0 \times 10^{11} \times 2 \times 10^{-3} = 1.0 \times 10^9$$

**答  $1.0 \times 10^9 \text{ [V]}$**

間違えたら値変え問題を作ってやりましょうね。

電流 1.

ある導線に 8 [A]の電流が流れている。

電気素量を  $1.6 \times 10^{-19}$  とする。

この導線を 1 秒あたりに通過する自由電子の個数は？

【解答】

電気素量とは、自由電子 1 個が持っている電気量の大きさのことだ。

そして、電流とは「1 秒あたりに導線の断面を通過する電気量」のことだ。

電流が 8 [A]ということは 1 秒あたりに導線の断面を 8 [C]の電気量が通過するということだ。

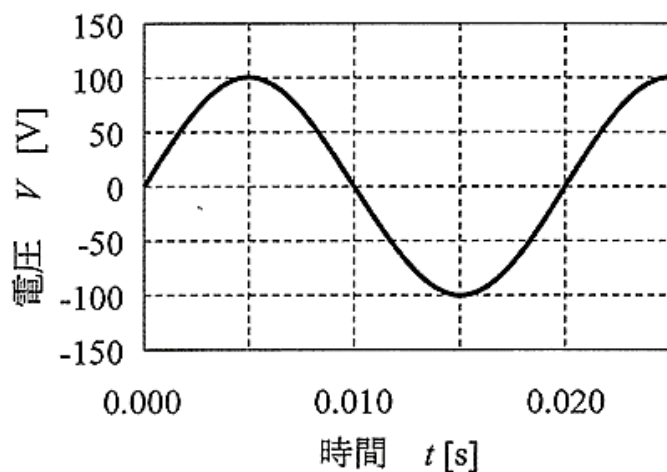
自由電子 1 個が持っている電気量は  $1.6 \times 10^{-19}$ [C] なので、

1 秒あたりに断面を通過する自由電子の個数は

$$\frac{8}{1.6 \times 10^{-19}} = 5 \times 10^{19}$$

**答  $5 \times 10^{19}$**

交流1.



- (1) この電圧の周期は
- (2) 振幅は
- (3) 波高値は
- (4) 実効値は

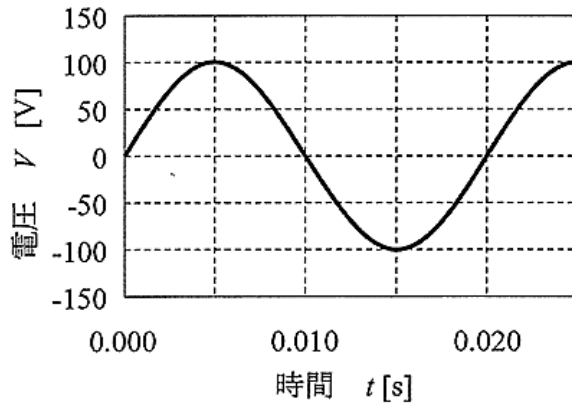
【解答】

- (1) 周期とは「繰り返し単位」が1回終わるのにかかる時間だ。  
なにも言われなかったら最小の繰り返し単位について考える。  
よって答 0.020 秒
- (2) 振幅は波の一番高いところだから 100[V]
- (3) 波高値は振幅のことだから 100[V]
- (4) 正弦波の実効値は波高値を $\sqrt{2}$ で割ればよいから  $100/\sqrt{2}$ [V]

間違えたら値替え問題を作ってやってみてね！

次の問題に進む前に必ずやろう。気が済むまでやろう。

交流 2.



この交流電圧の振動数は？

【解答】

振動数は「1秒間に」「何回」「繰り返し単位が繰り返されるか」のことだ。  
振動数は記号  $f$  で表すよ。

この波は 0.02 秒間に 1 回の繰り返し単位が起こるよね。  
ということは、1 秒間で  $1/0.020=50$  回繰り返し単位が起こる、ということだ。

例えば、4 秒間に 8 回何かが均等に起こるとして、じゃあこの何かは 1 秒あたりに何回起こったのか計算するなら  $8/4=2$  回ってやるよね。  
それをやっているだけだよ。何も特別なことはしていない。  
そして、この言葉の定義から

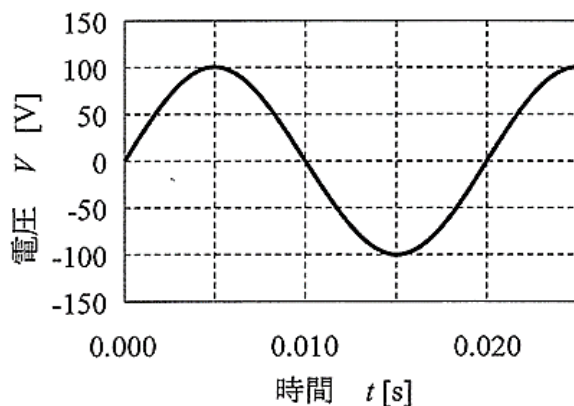
$$\text{振動数} = \frac{1}{\text{周期}}$$

も分かるね！

**間違えたら値替え問題を作ってやってみてね！**

次の問題に進む前に必ずやろう。気が済むまでやろう。

交流3.



この交流電圧の角周波数は？

【解答】

角周波数は「1秒間に」「何[rad]回ったか」のことだ。  
正弦波で「角周波数」と言われたら、背後にある円運動が何[rad]回ったかを考える。（正弦波というのは、円運動の正射影だったね！）

この波は、1秒間で  $1/0.020=50$  回の回転が起こるよね。  
1回転が  $2\pi[\text{rad}]$  だから、50回転なら

$$\underline{2\pi \times 50 = 314[\text{rad}]}$$

だ！

そして、この言葉の定義から

$$\text{角周波数 } \omega = 2\pi f$$

も分かるね！

**間違えたら値替え問題を作ってやってみてね！**

交流4.

300 $\mu$ Fのコンデンサーのリアクタンスの大きさはいくらか。  
振動数は50[Hz]とする。

【解答】

「リアクタンス」というと、「コイルのZ」の印象が強いと思うのだけど、実はZであればなんでもリアクタンスなんだ。

よって

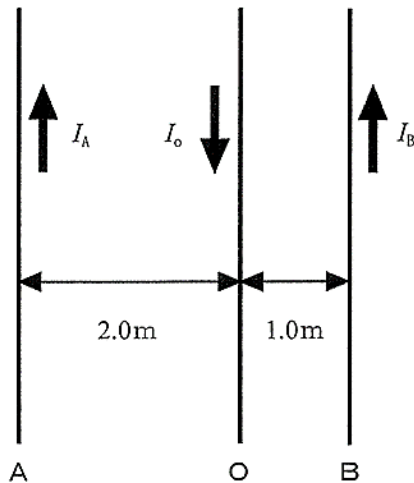
$$Z = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 50 \times 300 \times 10^{-6}} \approx 10.6[\Omega]$$

**答 10.6[ $\Omega$ ]**

同じ値であれば、表記は何でもいいからね。  
1.06 $\times 10$ などでもいいよ。

磁気1.

図のように、空気中に3本の導線があり、電流が流れている。



$I_A = 4.0[\text{A}]$  の時、導線 O の位置に、紙面裏から表向きに  $0.6\text{A/m}$  の磁場が発生していた。

B に流れている電流  $I_B$  の大きさは？

【解答】

まず、O の場所での磁界は、導線 O に流れる電流の影響を受けない。

だから、 $I_O$  については考えなくていいんだ。

さて、 $I_A$  が作る磁界は、 $I_A$  を中心にバウムクーヘン状に広がるね。

このバウムクーヘンは O の位置も通る。

そこでの磁界の強さは

$$H_A = \frac{4.0}{2\pi \times 2}$$

向きは、電流の向きに右手の親指を立てて、他の指が O にどう当たるかを考えて表→裏向きだね。

$I_B$  が作る磁界の強さは

$$H_B = \frac{I_B}{2\pi \times 1}$$

向きはやっぱり裏→表だね。

これを重ね合わせたものが O での磁界の強さになるから

$$\left| \frac{4.0}{2\pi \times 2} - \frac{I_B}{2\pi \times 1} \right| = 0.6$$

$$|2 - I_B| = 1.2 \times 3.14 = 3.768$$

$$I_B - 2 = 3.768 \text{ より } I_B = 5.768 \approx \underline{\underline{5.77[\text{A}]}} \text{だ！}$$

## 絶対値道場

(1)  $I (> 0)$  と5との差が8だったという。Iはいくらか。

【解答】

$$|I - 5| = 8 \text{ より } \leftarrow I-5 \text{ の大きさが } 8、\text{ という式}$$

$$I - 5 = \pm 8 \quad \leftarrow I-5 \text{ は } +8 \text{ か } -8 \text{ の } 2 \text{ 択、 という式}$$

$$I = 5 \pm 8 = 13, -3$$

$$I > 0 \text{ より}$$

$$\underline{I = 13}$$

(2)  $B (> 0)$  と $\pi$  との差が0.5だったという。Bはいくらか。

$$|B - \pi| = 0.5 \text{ より}$$

$$B - \pi = \pm 0.5$$

$$B = \pi \pm 0.5 = 3.14 \pm 0.5 = 3.64, \quad 2.64$$

$$\underline{B = 3.64, \quad 2.64}$$

どちらもありうるので、他の条件から特定する。

(3)  $F (> 0)$  と3との差が4だったという。Fはいくらか。

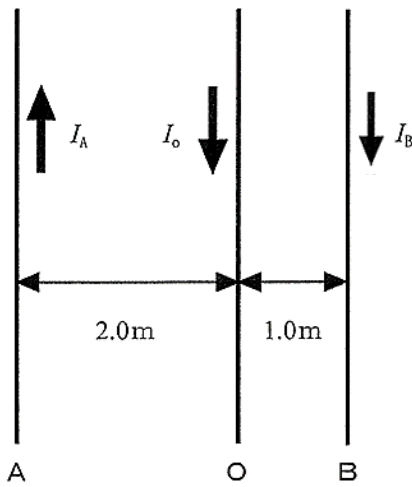
$$|F - 3| = 4 \text{ より}$$

$$F - 3 = \pm 4$$

$$F = 3 \pm 4 = 7, -1$$

$$\underline{F = 7}$$

磁気 2. 図のように、空気中に3本の導線があり、電流が流れている。



$I_A = 4.0[\text{A}]$  の時、導線 O の位置に、大きさ  $0.6\text{A/m}$  の磁場が発生していた。  
B に流れている電流  $I_B$  の大きさは？

【解答】

$I_A$  が作る磁界は、 $I_A$  を中心にバウムクーヘン状に広がるね。

このバウムクーヘンは O の位置も通る。

そこでの磁界の強さは

$$H_A = \frac{4.0}{2\pi \times 2}$$

向きは、電流の向きに右手の親指を立てて、他の指が O にどう当たるかを考えて表→裏向きだね。

$I_B$  が作る磁界の強さは

$$H_B = \frac{I_B}{2\pi \times 1}$$

向きはやっぱり表→裏だね。

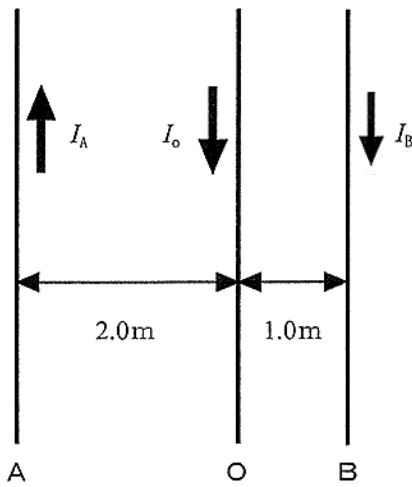
これを重ね合わせたものが O での磁界の強さになるから

$$\frac{4.0}{2\pi \times 2} + \frac{I_B}{2\pi \times 1} = 0.6$$

$$2 + I_B = 1.2 \times 3.14 = 3.768$$

$$I_B = 3.768 - 2 = 1.768 \approx \underline{\underline{1.77[\text{A}]}} \text{だ！}$$

磁気 3. 図のように、空気中に3本の導線があり、電流が流れている。



導線 O の位置に、紙面裏から表向きに 0.6A/m の磁場が発生していた。  
透磁率は  $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$  であり、導線 O が 1m あたりに受けている電磁力は 28[N] である。

O に流れている電流  $I_0$  の大きさは？

【解答】

電磁力 F は

$$F = I_0 B l = I_0 \mu H \times 1 = I_0 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 0.6 = 28$$

よって

$$I_0 = \frac{28}{4\pi \times 10^{-7} \times 0.6} \approx 3.715 \times 10^7 \approx 3.72 \times 10^7$$

**答  $3.72 \times 10^7$  [A]**

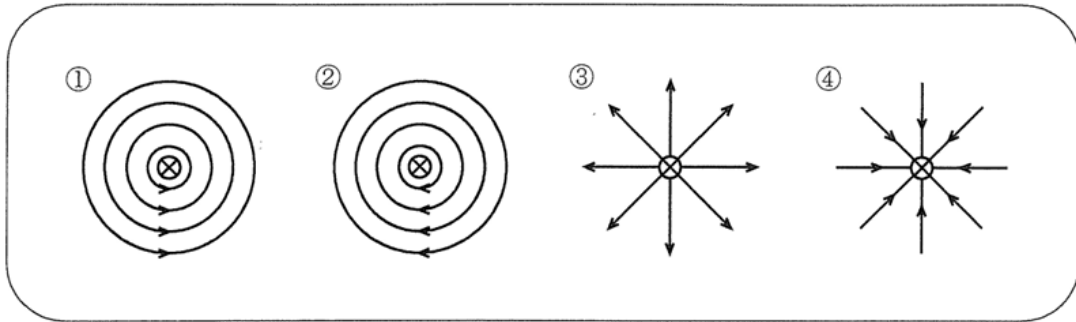
電場や電磁力などの言葉の定義を確認しよう。

記号ではなく日本語で言われても対応できるようにしよう！

間違えたら値変え問題を作ってやってみてね！！

それをやらないと、何冊やっても変わらないからね！！！！

磁気4. 導線に電流を流して真上から見た。この電流が作る磁場の磁力線として適切なものは？



【解答】

②

磁気 5.

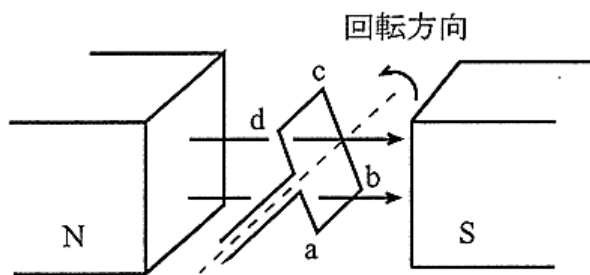


図 1

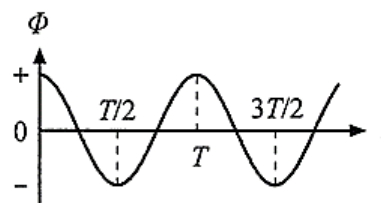


図 2

図 1 のようにコイルを回すと図 2 のようにコイルを貫く磁束が変化した。

このとき、コイルに発生する起電力  $V$  について考える。

起電力は  $a \rightarrow b$  に電流を流そうとする向きを正とする。

適切なものを一つ選べ。

- ① 起電力  $V$  は 0 からスタートし、その直後は増える
- ② 起電力  $V$  は 0 からスタートし、その直後は減る
- ③ 起電力  $V$  は正の値からスタートし、その直後は減る
- ④ 起電力  $V$  は負の値からスタートし、その直後は増える

【解答】

磁束のグラフを見ると、時刻 0 での接線の傾きは 0。

磁束のグラフ接線の傾きは「磁束の変化率」に他ならないので、時刻 0 での起電力は 0 である。

その直後、磁束のグラフの接線の傾きは負になる。

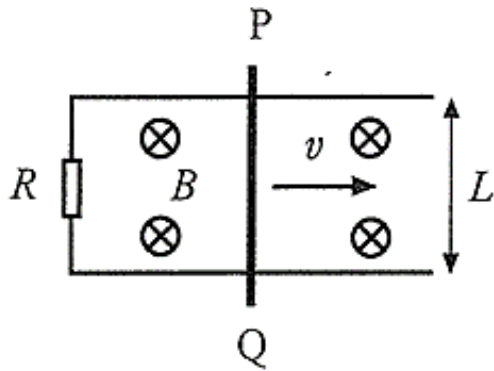
起電力 =  $-$  磁束の変化率

なので、直後の起電力は正の値である。

(磁束の変化を妨げる向きに親指を立てることで分かる)

よって 答は①

磁気 6.



導体棒の中の自由電子が受けるローレンツ力の向きとして適切なものは？

- |             |            |
|-------------|------------|
| ① $v$ と同じ向き | ② $v$ と逆向き |
| ③ P から Q へ  | ④ Q から P へ |
| ⑤ 紙面の表から裏へ  | ⑥ 紙面の裏から表へ |

【解答】

$v$  (電氣的なもの) から  $B$  (磁氣的なもの) に右ネジを捻って親指が向く向きの**逆** (電荷がマイナスなので)。

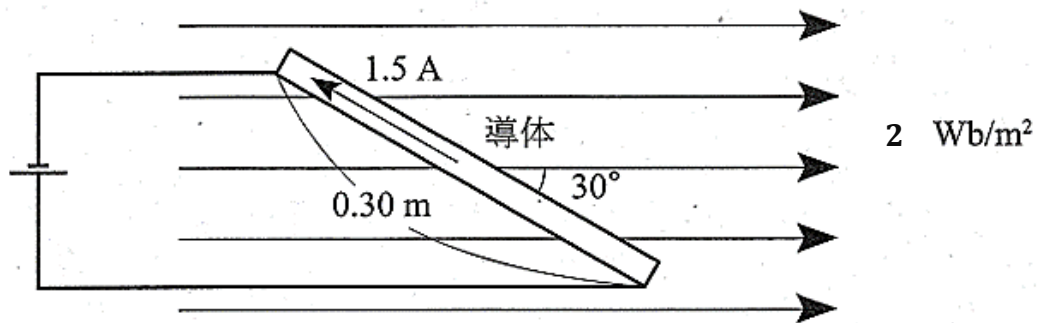
よって答③

ちなみに、棒に生じる起電力の大きさは

$$V = 1 \text{ 秒間に棒が刈り取る磁束の本数} = vBL$$

となるよ！

磁気 7.



この棒は別に動いていない。

この棒に働く電磁力は？

【解答】

電磁力  $F$  は

$$F = IBl \sin \theta$$

$$= 1.5 \times 2 \times 0.30 \times \sin 30^\circ$$

$$= \underline{0.45 \text{ [N]}}$$

【一口メモ】

電磁力と起電力の違いに注意だ。

電磁力は力学的な力。

起電力は電流を流そうとする電気的な力だね。

10 回ぐらいは混乱して当たり前だから、くじけずに値変え問題を作ってやってみてね。

30 回混乱しても 31 回目から一生間違えなくなれば本番も大丈夫だからね。