2018年度　問題

III　次の35問題のうち25問題を選択して解答せよ．（解答欄に1つだけマークすること．）

III 1　磁気に関する次の記述のうち，最も不適切なものはどれか．

①　フレミングの右手の法則とは，右手の人差し指を磁界の向きへ，親指を導体が移動する向きへ指を広げると，中指の方向が誘導起電力の向きとなることである．

②　鉄損は，周波数に比例して発生する渦電流損と，周波数の2乗に比例するヒステリシス損に分けることができる．

③　磁気遮蔽とは，磁界中に中空の強磁性体を置くと，磁束が強磁性体の磁路を進み，中空の部分を通過しない現象を利用したものである．

④　比透磁率が大きいとは，磁気抵抗が小さいことであり，磁束が通りやすいことである．

⑤　電磁誘導によって生じる誘導起電力の向きは，その誘導電流が作る磁束が，もとの磁束の増減を妨げる向きに生じる．

III 2　半径 a [m]，巻数 N の円形コイルに直流電流 I [A] が流れている．電線の太さは無視できる．このとき，円形の中心点における磁界 H [A/m] を表す式として，最も適切なものはどれか．

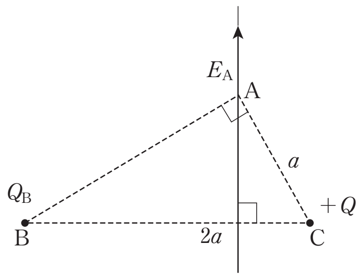
ただし，微小長さの電流 $I\mathrm{d}l$ が距離 r だけ離れた点に作る磁界 $\mathrm{d}H$ は，電流の方向とその点の方向とのなす角を θ とすると，次のビオ・サバールの法則で与えられる．

$$\mathrm{d}H = \frac{1}{4\pi}\frac{I\mathrm{d}l}{r^2}\sin\theta$$

① NI　② $\dfrac{NI}{2a}$　③ $\dfrac{NI}{2\pi a}$　④ $\dfrac{aNI}{2}$　⑤ $\dfrac{I}{2\pi Na}$

III 3 電磁気に関する次の記述の，$\boxed{}$ に入る数式の組合せとして，最も適切なものはどれか．

真空中で，下図に示すような，AC の長さが a [m]，BC の長さが $2a$ [m] で，$AB \perp AC$ の三角形の頂点 C に $+Q$ [C]（$Q > 0$）の点電荷をおいた．さらに頂点 B にある電荷量 Q_B [C] の点電荷をおいたところ，点 A での電界 E_A は図中に示す矢印の向き（BC に垂直の向き）となった．このとき，Q_B は $\boxed{ア}$ [C]，E_A の大きさは $\boxed{イ}$ [V/m] となり，無限遠点を基準とした点 A の電位 ϕ_A は $\boxed{ウ}$ [V] となる．ただし，真空中の誘電率は ε_0 [F/m] とする．



	ア	イ	ウ
①	$\sqrt{3}\,Q$	$\dfrac{\sqrt{3}Q}{6\pi\varepsilon_0 a^2}$	$\dfrac{Q}{2\pi\varepsilon_0 a}$
②	$\dfrac{\sqrt{3}}{3}Q$	$\dfrac{10\sqrt{3}Q}{72\pi\varepsilon_0 a^2}$	$\dfrac{Q}{3\pi\varepsilon_0 a}$
③	$3\sqrt{3}\,Q$	$\dfrac{(2\sqrt{3}+1)Q}{8\pi\varepsilon_0 a^2}$	$\dfrac{Q}{\pi\varepsilon_0 a}$
④	$\sqrt{3}\,Q$	$\dfrac{(\sqrt{3}+12)Q}{48\pi\varepsilon_0 a^2}$	$\dfrac{(\sqrt{6}+6)Q}{24\pi\varepsilon_0 a}$

⑤ $\frac{\sqrt{3}}{3}Q$ 　$\frac{\sqrt{3}Q}{6\pi\varepsilon_0 a^2}$ 　$\frac{Q}{\pi\varepsilon_0 a}$

III 4

電磁波に関する次の記述のうち，最も不適切なものはどれか.

① 周波数が高くなると，電磁波の波長は短くなる.

② 真空中における電磁波の速度は光速に等しい.

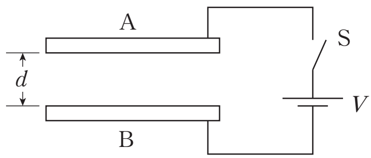
③ 媒質の誘電率が小さくなると，電磁波の波長は長くなる.

④ 媒質の透磁率が大きくなると，電磁波の速さは大きくなる.

⑤ 媒質の誘電率が大きくなると，電磁波の速さは小さくなる.

III 5

下図のように真空中に設置されたコンデンサの平行板 A，B 間に電圧 V を加える．スイッチ S を開放したとき，板 A に加わる単位面積当たりの引力について，最も適切なものはどれか．ただし，真空中の誘電率は ε_0 であるとする.



① $\frac{V^2}{2\varepsilon_0 d^2}$ 　② $\frac{\varepsilon_0 V^2}{2d^2}$ 　③ $\frac{\varepsilon_0 d^2}{2V^2}$

④ $\frac{\varepsilon_0 V^2}{d^2}$ 　⑤ $\frac{\varepsilon_0 d^2}{V^2}$

III 6

電気回路に関する次の記述の，$\boxed{\quad}$ に入る語句の組合せとして，最も適切なものはどれか.

キルヒホフの法則によると，複数の $\boxed{ア}$ と抵抗からなる回路網を流れる $\boxed{イ}$ は，それぞれの $\boxed{ア}$ が単独で存在するときに回路を流れる

2018年度　解答

III 1

【解答】 ②

【解説】

鉄損は，ヒステリシス損 W_h と渦電流損 W_e とからなり，次式で表される．

$$W_h = K_h f B_m{}^2$$

$$W_e = K_e t^2 f^2 B_m{}^2$$

ここで，f：電源周波数，B_m：鉄心の最大磁束密度，t：積層鉄心の鉄板の厚さ，K_h，K_e：比例係数

ヒステリシス損は，交番磁界により，鉄心の磁束密度がヒステリシスループを描くことにより生じる損失であり，スタインメッツの実験式が用いられる．$B_m{}^2$ は方向性けい素鋼帯についてよく合うが，熱間圧延けい素鋼板では $B_m{}^{1.6}$ のほうがよく合うといわれている．

渦電流損は，鉄心中の磁束密度の変化によって，主として鉄板の表面近くに渦電流が流れ，ジュール損を生じるものである．渦電流は，鉄心中の電磁誘導によって発生する誘導起電力に比例するので，周波数 f と最大磁束密度 B_m の積に比例する．ジュール損は渦電流の 2 乗に比例するので，周波数 f の 2 乗と磁束密度 B_m の 2 乗の相乗積に比例する．②の渦電流の記述は不適切である．

III 2

【解答】 ②

【解説】

導体に電流が流れるとそのまわりに電流を取り囲むように磁界ができる．磁界の向きを決めるのが右ねじの法則，微小区間の電流による磁界の大きさを求めるのがビオ・サバールの法則である．微小長さの電流 $I\mathrm{d}l$ が距離 r だけ離れた点につくる磁界の強さ $\mathrm{d}H$ は，電流の方向とその点の方向の

なす角を θ とすると，次式で与えられる．

$$dH=\frac{1}{4\pi}\frac{I\,dl}{r^2}\sin\theta$$

巻数 N，半径 a の円形コイルに直流電流 I を流す場合を考えると，$2\pi aN/dl$ 個の微小区間の電流 $I\,dl$ ができる．この微小区間の方向と円の中心の方向のなす角は $\pi/2$ なので，

$$H=dH\times\frac{2\pi aN}{dl}=\frac{1}{4\pi}\frac{I\,dl}{a^2}\sin\frac{\pi}{2}\times\frac{2\pi aN}{dl}=\frac{NI}{2a}\,[\mathrm{A/m}]$$

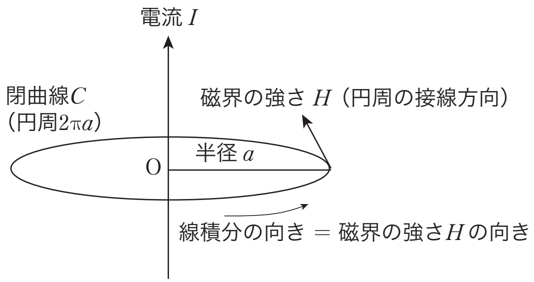
III 3
【解答】 ①

【解説】

無限長直線導線に流れる電流のつくる磁界の強さ H は，**第 1 図**のように，導線を中心軸とする半径 a の円経路 C を考え，アンペアの周回積分の法則を適用すれば求めることができる．

$$\oint_C H\cdot ds=2\pi aH=I$$

$$\therefore\ H=\frac{I}{2\pi a}$$



第 1 図　直線状導線の電流による磁界

前問の解説で述べたように，アンペアの周回積分の法則はビオ・サバールの法則の積分形なので，設問図の無限長導線上の微小区間の電流 I による磁界の強さを全区間積分すれば求まるが，計算が厄介である．上記によ

うに，アンペアの周回積分の法則を用いると簡単に求まる.

III 4 【解答】 ④

【解説】

電磁波の速さ v は，媒質の誘電率を ε，比誘電率を ε_s，透磁率を μ，比透磁率を μ_s，光速を c とすると，次式で求めることができる.

$$v=\frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}}=\frac{c}{\sqrt{\varepsilon_s\mu_s}}$$

したがって，真空中の速さは光速 c に等しく，誘電率が大きくなると速さは小さくなり，透磁率が大きくなっても速さは小さくなる．②，⑤の記述は適切であるが，④の記述は不適切である.

また，周波数 f の電磁波の波長 λ は,

$$\lambda=\frac{v}{f}=\frac{1}{f\sqrt{\varepsilon\mu}}$$

なので，誘電率が小さくなると，長くなる．③の記述は正しい.

III 5 【解答】 ②

【解説】

真空中に設置された間隔 x の平行平板コンデンサの単位面積当たりの静電容量 C は,

$$C=\frac{\varepsilon_0}{x}$$

なので，電圧 V を加えたときに蓄えられる静電エネルギー W は次式で与えられる.

$$W=\frac{1}{2}CV^2=\frac{1}{2}\frac{\varepsilon_0}{x}V^2$$

板 A に加わる単位面積当たりの引力を f とすると，引力 f に逆らって間隔を d から $x+\mathrm{d}x$ に広げるのに必要なエネルギー $\mathrm{d}W$ は,