令和８年度　専攻科　前期　学力選抜試験

受験番号	模範解答	氏名	模範解答

総得点

電気磁気学（4の1）

問１　ｘｙ平面の原点に電荷Ｑが置かれている。x=a の線上で電界の y 方向成分が最大となる点を求めよ。ただし、y>0 とする。図１参照　（配点 30 点）

問 1（得点）

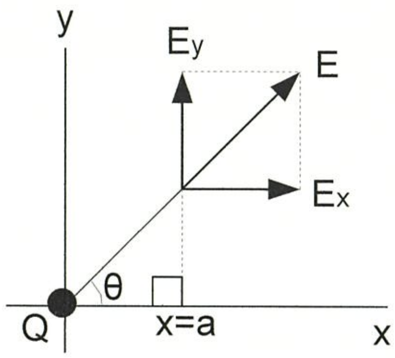


図１

解

今、問題に示される図で x=a、y（y>0）の任意点で電界の大きさ E(a, y)は、$E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0(a^2+y^2)}$で表される。

このとき、y 方向の電界成分は、$E_y = \frac{Qy}{4\pi\varepsilon_0(a^2+y^2)^{3/2}} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{y}{(a^2+y^2)^{3/2}}\right)$で表される。これが x=a で最大値をとるとき、$\frac{dE_y}{dy}$=0　となるので、

$$\frac{dE_y}{dy} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{(a^2+y^2)^{3/2} - {}^3\!/_2\, y(a^2+y^2)^{1/2}2y}{(a^2+y^2)^3} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{(a^2+y^2)^{3/2} - 3y^2(a^2+y^2)^{1/2}}{(a^2+y^2)^3}$$

$= \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{(a^2+y^2)^{1/2}[(a^2+y^2)-3y^2]}{(a^2+y^2)^3} = 0$　よって、$a^2 + y^2 - 3y^2 = 0$, 整理すると　$a^2 = 2y^2$ と

なる。ゆえに、$y^2 = \frac{a^2}{2}$　　$y = \pm\frac{a}{\sqrt{2}}$　ただし、y>0　なので　$y = \frac{a}{\sqrt{2}}$　が答となる。

令和８年度　専攻科　前期　学力選抜試験

受 験 番 号	解答例	氏　名	解答例

電気磁気学（4 の 2）

問 2（得点）

問 2 間隔 d、極板面積 S の平行平板真空コンデンサの電極間に、比誘電率 ε_s で厚さ t なる誘電体を電極に平行になるように挿入すると静電容量は何倍となるか。　図 2 参照

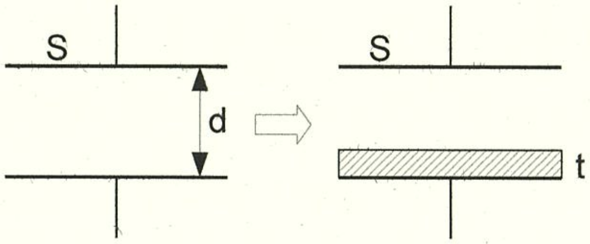


図 2

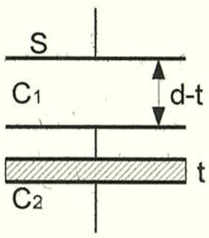
(2-1)．極板電荷 Q、極板面積 S、および極板間隔 d の平行平板コンデンサの静電容量を表す式を求め、これを C_0 として表せ。(配点 10 点)

クーロンの定理から求める。極板での電荷密度 σ は σ =Q/S なので電界の大きさ E は、E= Q/S ε_0 この値を極板距離積分したものが極板間の電位差 V となる。

$$V = -\int_d^0 E \cdot dr = \frac{Q}{S\varepsilon_0} d$$

静電容量の定義は、$C = \frac{Q}{V}$ だったので $C_0 = \frac{Q}{Qd/S\varepsilon_0} = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$ が答となる。

(2-2)．誘電体を挿入後の空気の部分、および誘電体の部分をそれぞれ C_1、C_2 として表し合成容量を求め、この値を C_3 として表せ。(配点 20 点)



２つのコンデンサの直列接続なので次のようになる。$\frac{1}{C_3} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}$ よって、具体的に解くと次のようになる。

$$C_3 = \frac{C_1C_2}{C_1+C_2} = \frac{\frac{(\varepsilon_0 S)^2\varepsilon_S}{(d-t)t}}{\frac{\varepsilon_0 S}{d-t} + \frac{\varepsilon_0\varepsilon_S S}{t}} = \frac{\frac{(\varepsilon_0 S)^2\varepsilon_S}{(d-t)t}}{\frac{\varepsilon_0 St + \varepsilon_0\varepsilon_S S(d-t)}{(d-t)t}} = \frac{(\varepsilon_0 S)^2\varepsilon_S}{\varepsilon_0 St + \varepsilon_0\varepsilon_S S(d-t)} = \frac{(\varepsilon_0 S)^2\varepsilon_S}{\varepsilon_0 S(t + \varepsilon_S(d-t))}$$

$$= \frac{\varepsilon_S S\varepsilon_0}{t + \varepsilon_S(d-t)}$$

受験番号	解答例	氏　名	解答例

(2-3). (2-1)、および(2-2)で求めた答えを比較し静電容量が何倍になるか求めよ。ただし、C_0 を基準として考えよ。(配点 20 点)

$$\frac{C_3}{C_0}=\frac{\dfrac{\varepsilon_S S\varepsilon_0}{t+\varepsilon_S(d-t)}}{\dfrac{\varepsilon_0 S}{d}}=\frac{d\varepsilon_S}{t+\varepsilon_S(d-t)}=\frac{1}{\dfrac{t}{d\varepsilon_S}+\dfrac{1}{d}(d-t)}=\frac{1}{\dfrac{t}{d\varepsilon_S}-\left(\dfrac{t}{d}-1\right)}=\frac{1}{\dfrac{t}{d\varepsilon_S}+1-\dfrac{t}{d}}$$

$$=\frac{1}{1+\dfrac{t}{d}\left(\dfrac{1}{\varepsilon_S}-1\right)}$$

倍となる。　答え。

令和８年度　専攻科　前期　学力選抜試験

受験番号	解答例	氏　名	解答例

電気磁気学（4の3）

問 3（得点）

問３ 図３のような半径 a の半円と直線からなる導線に電流 I[A]が流れているとき、中心０の磁束密度を求めよ。下の解答例の（　）に当てはまる語句、式または数値を下の解答群から選びその記号を一つずつ書き入れよ。(配点 40 点)

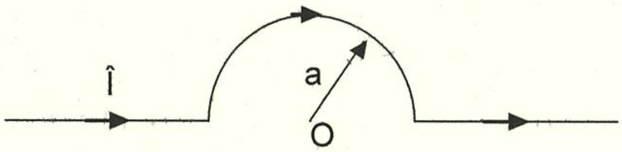


図３

解答例

流れる電流と磁界との関係を記した規則の一つに（ ム ）がある。具体的に記すと（ ス ）になる。この法則を用いて解く。まず、部分的に考えてみよう。すなわち直線部分と半円部分である。

二つの直線部分では、ビオ・サバールの法則の θ の角度が半円の中心０に対してそれぞれ角度が（ シ ）になるため、事実上影響してないと考えられる。すなわち、半円部分だけが影響することになる。よって、半径 a の円の中心磁界を求めるよう。まず、長さ dℓの円弧についてビオ・サバールの法則を適用すると、θ は常に θ =（ タ ）となるので事実上（ ソ ）について積分すればよい。すなわち、ゼロから、（ チ ）まで積分すれば良いことになる。ところが、実際中心磁界に寄与している電流は（ ロ ）になるので、この半円０の中心磁界は（ マ ）である。また、真空中の磁界と磁束密度の関係（ ル ）を考慮すると０点における磁束密度は、（ セ ）となる。

解答群

マ.（ $\frac{I}{4a}$ ）．　ミ.（ル・マン）．　ム.（ビオ・サバールの法則）．　メ.（ $\frac{\pi a}{2}$）．モ.（0 と $\pi/2$）．

サ.（ $\frac{I}{2a}$ ）．　シ.（0 と π）．　ス.（ $dH = \frac{I d\ell \sin\theta}{4\pi r^2}$ ）．　セ.（ $\frac{\mu_0 I}{4a}$ ）．　ソ.（円周）．

タ.（ $\frac{\pi}{2}$ ）．　チ.（πa）．　ツ.（0 と 2π）．　テ.（フレミングの左手の法則）．　ト.（ $\frac{\pi}{4}$ ）．

ラ.（2 倍）．　リ.（ $\frac{1}{8}$ 倍）．　ル.（$B=\mu_0 H$）．　レ.（ $dB = \frac{I d\ell \sin\theta}{4\pi r}$ ）．　ロ.（半分）．

令和８年度　専攻科　前期　学力選抜試験

受 験 番 号	模範解答	氏　名	模範解答

電気磁気学（4 の 4）

問 4（得点）

問4　無限長導線に電流Ｉが流れているとき、長方形コイル間の相互インダクタンスを求めよ。という問に対する解答例である。（　）適当な記号を一つ下の解答郡から選べ。図４参照のこと。（配点 30 点）

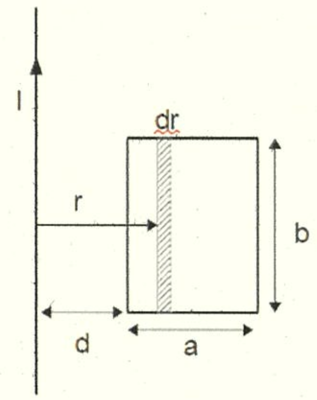


図 4

解答例

電流Ｉが流れている電線からｒ離れた任意の距離での磁界の大きさは、（　ス　）の法則より（　サ　）

で表される。図中のコイルの斜線部の微小磁束ｄΦは、ｄΦ＝Ｂ(ｒ)×ｄｓ となるので（　カ　）と表現できる。

よって、コイルと鎖交する磁束数 Ψは、（　ケ　）となる。相互インダクタンスＭの定義は磁束鎖交数を電流で割ったものだったので、答えは（　コ　）となる。

解答群

ア．$\frac{n}{I}$　イ．右手　ウ．オーム　エ．$\frac{LI^2}{2}$　オ．ビオ・サバール　カ．$\frac{\mu_0 I}{2\pi r}\times b\times dr$

キ．$\frac{I}{2\pi r}\times b\times dr$　ク．$\frac{\Psi}{I}$　ケ．$\frac{\mu_0 Ib}{2\pi}\times ln\left(\frac{d+a}{d}\right)$　コ．$\frac{\mu_0 b}{2\pi}\times ln\left(\frac{d+a}{d}\right)$

サ．$\frac{I}{2\pi r}$　シ．オーム　ス．周回積分　セ．$\frac{\mu_0 Ia}{2\pi r}\times ln\left(\frac{d+a}{d}\right)$　ソ．$\frac{I}{2a}$

ナ．$\frac{\mu_0 Ib}{2\pi r}\times ln\left(\frac{2a}{d}\right)$