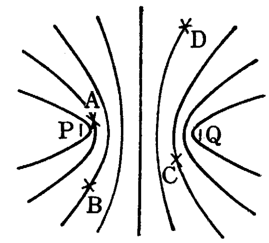
トレーニングA

A1 P，Q は薄い導体で作られた極板である．それぞれ，P が正に，Q が負に帯電されたとき，P，Q の近くでの等電位面が右の図のように表された．等電位面の電位間隔がそれぞれ 2.0 V である．ただし，電場はつねに紙面の平面内にあるものとする．



(1) 図中の各点における電位をそれぞれ，$\phi_A,\phi_B,\phi_C,\phi_D$ として，それらを高い方から順に並べよ．また，電場の大きさを E_A, E_B, E_C, E_D として大きい方から順に並べよ．

(2) C 点を通る電気力線を矢印を付して描け．

(3) 0.30 C の正電荷を D 点から A 点までゆっくり運ぶのに要する外力の仕事 $W_{D\to A}$ は何 J か．

(4) 前問と同じ電荷を C 点から B 点，A 点 を通って C 点に戻る外力の仕事 $W_{C\to B\to A\to C}$ は何 J か．[*b]

A2 極板間の電場 E，誘電率 ϵ としたとき，極板間に蓄えられた単位体積当たりのエネルギーが $\frac{1}{2}\epsilon E^2$ となることを説明せよ．

A3 電流 1 A(アンペア) の定義を言え．また，次の単位を m，kg，s，A の単位に分解せよ．
(1) 電場：V/m，(2) 磁束密度：T，(3) 誘電率：F/m，(4) 透磁率：H/m．[*c]

A4 磁束密度 B が $+y$ 軸向きにかかっているとき：

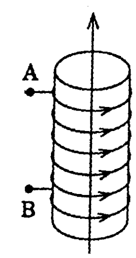
(1) 電荷 q を帯びた粒子の速度の x 成分が v_x のとき，粒子に働くローレンツ力の x, y, z 成分を書け．

(2) 負電荷を帯びた粒子が$-x$ 軸向きに動くときの力の向きを求めよ．

(3) 荷電粒子が y 方向に動くとき，粒子に働くローレンツ力の大きさはどうなるか．

(4) 電荷 q を帯びた粒子の速度が $(v_x, v_y, 0)$ のとき，粒子に働くローレンツ力の x, y, z 成分を書け．[*d]

A5 巻き数 2.0×10^2 のコイルを貫く磁束密度が 1.0 T/s の割合で図の矢印の向きに増加する．発生する誘導起電力を，A，B の電位ϕ_A,ϕ_B を用いて表せ．ただし，コイルの断面積は 3.0×10^{-4} m^2 とする．[*e]



トレーニングB

B1 電場に関するガウスの法則を用いて，3 枚の金属板 A,B,C をこの順に平行に並べたものの各板の裏表について電荷分布を求めよ．

(1) A，C を孤立させ，B に電荷 Q を与えたとき．

(2) A を孤立させ，C をアースし，B に電荷 Q を与えたとき．

[*b] A1 の答：(1) $\phi_A > \phi_B > \phi_D > \phi_C, E_A > E_C > E_B > E_D$，(2) 略．(3) 2.4 J，(4) 0 J

[*c] A3 の答：(1)m·kg·s^{-3}·A^{-1}，(2) kg·s^{-2}·A^{-1}，(3)m -3·kg^{-1}·s^4·A^2，(4)m·kg·s^{-2}·A^{-2}

[*d] A4 の答：(1)$(0, 0, -qv_xB)$，(2) $-z$ 向き，(3) 0，(4) $(0, 0, -qv_xB)$

[*e] A5 の答：$\phi_A - \phi_B = 6.0\times10^{-2}$ V

(3) A，C をアースし，B に電荷 Q を与えたとき．ただし，A C 間の距離を d，AB 間の距離を x とする．[(*f]

B2 xy 平面上の 3 点 A，B，C の座標は，それぞれ，$(0, L), (-L, 0), (0, -L)$ である．A，C の 2 点に正電荷 Q，B に負電荷 $-Q$ を置く．真空の誘電率を ϵ_0 とする．(1) B 点の電荷に働く力を求めよ．

(2) O 点の電位と電場を求めよ．ただし，電位の基準は無限遠にとる．

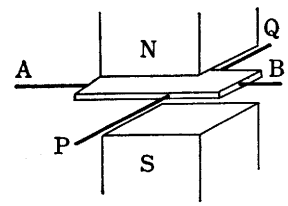
(3) 等電位線のおおよその様子を図示せよ．[(*g]

B3 xy 平面上の 3 点 A，B，C の座標は，それぞれ，$(0, L), (-L, 0), (0, -L)$ である．A，C を通る大きさ電流 I を $+z$ 向きに，B を通る大きさ電流 I を $-z$ 向きに 流す．真空の透磁率を μ_0 とする．(1) B 点の電流に働く単位の長さ当たりの力を求めよ．

(2) O 点の磁束密度を求めよ．

(3) 磁束線のおおよその様子を図示せよ．[(*h]

B4 厚さ 5.0×10^{-4} m，幅 1.0×10^{-2} m，長さ 3.0×10^{-2} m の直方体の試料の上面から下面に向けて，一様で大きさ 5.0×10^{-1} T の磁束密度をかけた．試料に 2.0 A の電流を A から B 向きに流したところ，試料の側面の PQ 間に 3.0×10^{-3} V の起電力を生じた．電子の電荷を 1.6×10^{-19} C とする．

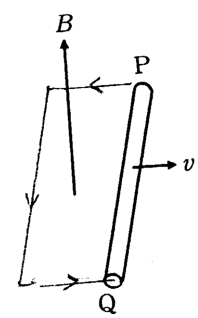


(1) P と Q の電位はどちらが高いか．

(2) 試料中の自由電子の速さを求めよ．

(3) 試料中の自由電子の個数密度を求めよ．[(*i]

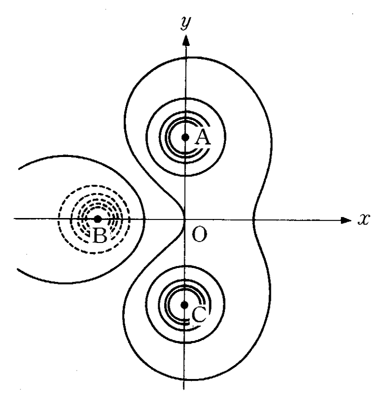
B5 磁束密度 B の一様な磁場中に，長さ l の導体棒 PQ を磁場に垂直に置き，磁場と PQ に垂直な向きに一定な速さ v で動かした．電子の電荷を $-e$ とする．



(1) PQ 内の自由電子の動きによって導体棒の P 面，Q 面には 電荷が現れる．この電荷が作る電場の大きさと向きを求めよ．また，このことから， PQ に生じる誘導起電力を求めよ．

(2) この結果を，今度はファラデーの法則を用いて解いてみよ．2 つの解き方の関連を考えよ．[(*j]

[註] **B2** (3)，**B3** (3) の答の図は，よく似ている．ただし，等電位線では，図の点線部は負の電位を表す．一方，磁束線では，実線は反時計まわり，点線は時計回りの矢印を付す．



[(*f] **B1** の答：(1) $+\frac{Q}{2}, -\frac{Q}{2}, +\frac{Q}{2}, +\frac{Q}{2}, -\frac{Q}{2}, +\frac{Q}{2}$.
(2) $0, 0, 0, +Q, -Q, 0$. (3) $0, -Q\frac{d-x}{d}, +Q\frac{d-x}{d}, +Q\frac{x}{d}, -Q\frac{x}{d}, 0$

[(*g] **B2** の答：(1) $\left(\frac{\sqrt{2}Q^2}{8\pi\epsilon_0 L^2}, 0, 0\right)$. (2) $\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 L}$, $\left(-\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 L^2}, 0, 0\right)$.

[(*h] **B3** の答：(1) $\left(-\frac{\mu_0 I^2}{4\pi L}, 0, 0\right)$. (2) $\left(0, -\frac{\mu_0 I}{2\pi L}, 0, 0\right)$.

[(*i] **B4** の答：(1) P. (2) 6.0×10^{-1} m/s. (3) 4.2×10^{24} 個/m^3

[(*j] **B5** の答：(1) Q→P に vB，vBl. (2) 図の向き指定と逆向きに vBl