H. 17

問題１１　［静電界・定常電流］，［電磁誘導・電磁波］

AまたはBのどちらかを選択して解答すること。なお，解答用紙には，選択した記号（Aまたは B）をはじめに記入すること。

A

問１　図１に示すように，無限長の平行導線A，Bを真空中に置いた。導線Bは xy 平面上の$(\ell, 0)$を通っており，導線Aの半径は R，導線Bの太さは無視できるものとする。導線A，Bに電流 I を図１の向きに流した。以下の設問に答えよ。但し，真空の透磁率を μ_0 とする。

(1) 電流 I は導線A中を一様に流れている。導線の中心からの距離 r の位置での導線Aが作る磁界の強さ $H_A(r)$を $0<r<R$，$R \leqq r$ の場合についてそれぞれ求めよ。

(2) 導線Bの単位長さあたりに働く力の x 成分および y 成分を求めよ。但し，x 軸および y 軸の正の方向を力の正の向きとする。

(3) xy 平面上の点 $P(x, y)$において，導線A，Bがつくる磁界の強さの x 成分 H_x および y 成分 H_y を x，y，ℓ，I を用いて表せ。但し，点Pは導線の外側にあり，x 軸および y 軸の正の方向を磁界の強さの正の向きとする。

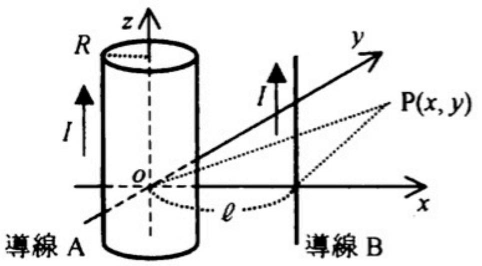

図１

問２　半径に比べて十分に長い同軸型円筒コンデンサが真空中にある。その長さは ℓ，半径は r_1，r_2（$r_1>r_2$）である。また，外側の円筒を接地し，２つの円筒間のすきまを誘電率 ε の誘電体で満たした（図２参照）。以下の設問に答えよ。但し，真空の誘電率を ε_0 とする。

(1) 内側の円筒内部に，密度 ρ で電荷が一様に分布している。x 軸から半径 r の位置での電界の強さ $E(r)$を $r \leqq r_1$，$r_1 \leqq r \leqq r_2$ の場合についてそれぞれ求めよ。

(2) ２つの円筒間の電位差の絶対値 $|V|$ を求めよ。

(3) この円筒コンデンサの静電容量 C を求めよ。

(4) ２つの円筒間を満たしている誘電体を x 軸方向にずらし，円筒から完全に引きだした。誘電体を完全に引き出すために必要な仕事を求めよ。但し，誘電体と円筒の間に働く摩擦は無視できるとする。

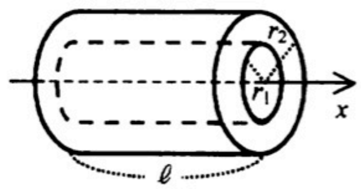

図２

B

設問すべてに解答すること.

問1　電流素片$Id\vec{s}$がそこから距離 r 離れた位置につくる微小な磁束密度は, Biot-Savart 則によれば

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{Id\vec{s}\times\vec{r}}{r^3}$$

で与えられる. ここで, μ_0は真空の透磁率, $\vec{r}$は電流素片から観測場所へ引いた位置ベクトルである. いま図1に示すように, 有限の長さの直線導線ＢＡにＢからＡの方向に電流Ｉが流れているとき、導線からの距離が d で点Ｐにおける磁束密度の大きさを B として, 以下の問いに答えよ.

（1）電流素片の大きさ Idz が点Ｐにつくる微小な磁束密度は, Biot-Savart 則を用いればどのように表されるか. その大きさを図中の記号を用いて示せ.

（2）点Ｐの磁束密度の大きさを電流Ｉ、距離 d, 角度 α、β の関数で求めよ.

（3）直線導線ＢＡが十分に長くなると, 点Ｐにおける磁束密度の大きさはどう表されるか. 導出過程も示せ.

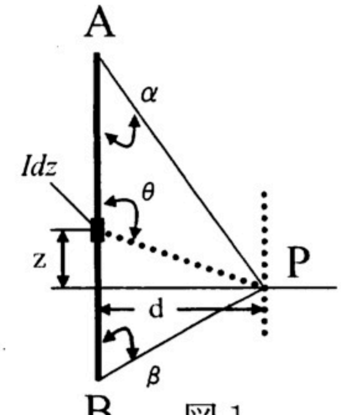

図1

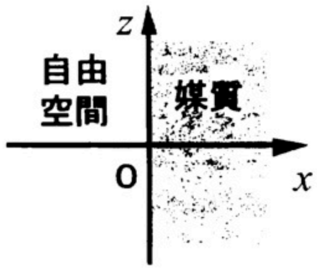

図2

問2　図2に示すように, 平面電磁波 $E_z = E_0\exp(-jkx)$（k ：波数）が自由空間から, 無限平面媒質へ垂直に入射するとして, 以下の問いに答えよ.

（1）　媒質が完全導体ならば, その前面に立つ定在波の電界はどう表されるか.

（2）　問（1）で電界振幅が0及び最大になる x と波長λとの関係を求めよ.

（3）　媒質が導電率σ, 誘電率ε, 透磁率μ_0の導体ならば, これらの電気定数と角周波数ωとの間にはどのような関係式が成り立つか. 導電電流が変位電流よりも優勢である条件から関係式を導出せよ.