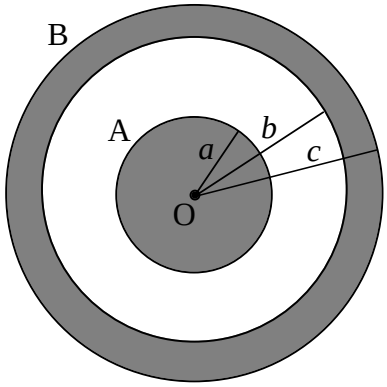
問題 III

1. 図のように、真空中に半径 a の導体球 A、および内半径 b、外半径 c の導体球殻 B が同心状（$a < b < c$）におかれている。中心からの距離を r、無限遠方における電位を 0、真空の誘電率を ϵ_0 とする。このとき以下の問に答えよ。

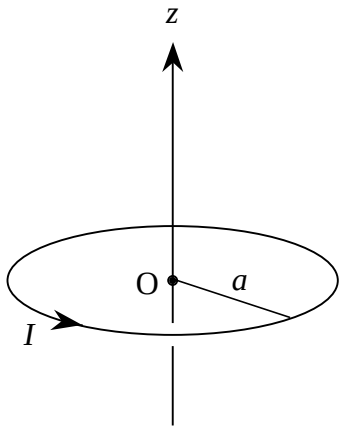


1-1 導体内では静電場は 0、電位は一定である。この理由を簡潔に述べよ。

1-2 A に正の電荷 Q を与える。B の内表面と外表面に誘起される電荷はそれぞれいくらか。

1-3 このときの電場の大きさ $E(r)$ および電位 $\phi(r)$ の様子をそれぞれグラフに描け。グラフには $r = a, b, c$ における各物理量の値を書き入れよ。

2. 図のように、半径 a の円形回路に大きさ I の定常電流が流れている。回路の中心を原点 O とし、中心軸を z 軸にとる。z 軸上の磁場の強さを $H(z)$ とする。このとき以下の問に答えよ。



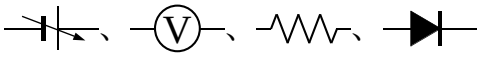
2-1 原点 O における磁場の強さ $H(z = 0)$ をビオ・サバールの法則を用いて求めよ。

2-2 z 軸を含む平面上での磁力線の様子を図示せよ。（磁場の方向がわかるように磁力線上に矢印を示すこと。）

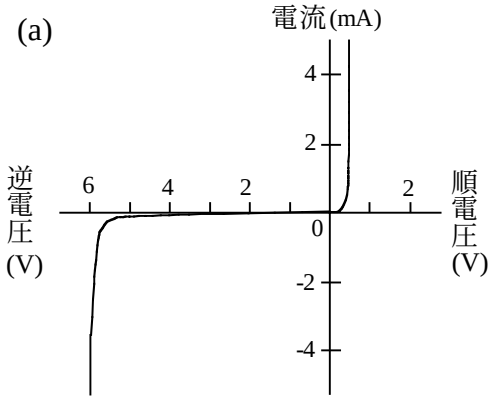
2-3 アンペールの法則から次式が導かれることを説明せよ。

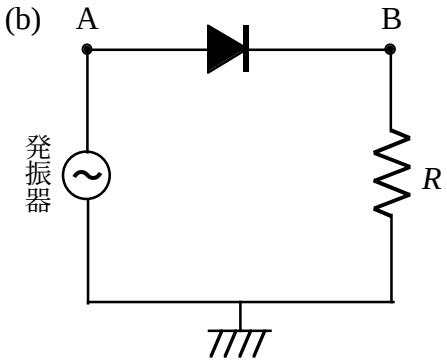
$$\int_{-\infty}^{\infty} H(z)dz = I$$

3. 以下の問いに答えよ。

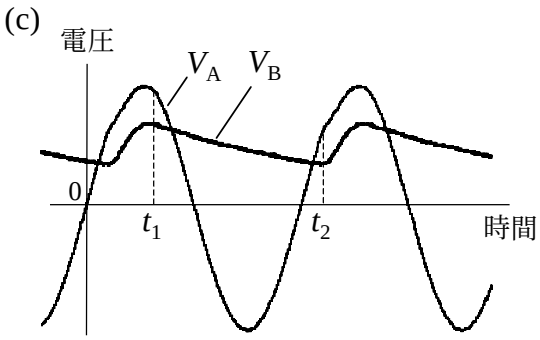
3-1 定電圧電源 1 台、電圧計 1 台、抵抗 1 個を用いてダイオードの電圧・電流特性を測定したい。それぞれの記号、  を用いて回路を図示し、測定方法を説明せよ。

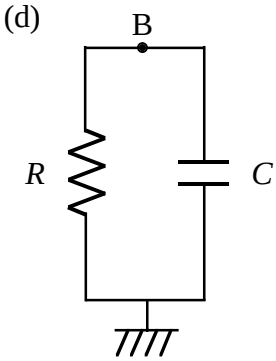
3-2 図 (a) の特性をもつダイオードを用いて図 (b) の回路を組んだ。時刻 t における点 A での電位 V_{A} が、$V_{\mathrm{A}} = V_0 \sin(2\pi f t)$ のとき、点 B での電位 V_{B} の時間変化の様子をグラフに表せ。ただし、$V_0 = 2\mathrm{V}$、 $f = 100\mathrm{Hz}$ である。





3-3 図 (b) の回路に電気容量 C のコンデンサーを抵抗 R と並列につないだ。V_{A}、V_{B} を測定したところ図 (c) のようになった。時刻 t_1 から t_2 の間はダイオードには電流が流れないので、V_{B} の振る舞いは図 (d) の等価回路を用いて考えてよい。このとき V_{B} を t の関数として求めよ。ただし、時刻 t_1 における V_{B} の値を V_1 とする。





3-4 時刻 t_2 で V_{A} の波形が歪む理由として考えられることを述べよ。