物理学Ⅱ　レポート問題 ⑤　　　　　　　　　　2016年12月21日

【問５-1】　「エアバリコン」

バリコンとは「バリアブルコンデンサ」＝「可変容量コンデンサ」の略で、図１のように面積$\pi R^2/2$ の半月型の電極 N 枚を間隔 d で配置し、電気的に接続した櫛形電極２組(図１における淡いグレーと濃いグレーで計 $2N$ 枚の羽根) からなる。櫛形電極をそれぞれの隙間の中間に差し込んで回転することで、(間隔 $d/2$ で向かい合う)極板が重なる面積Aが変わり、回路全体の電気容量が可変となる。半月板の相対角度 θ を図１のように定義するとき、全体の電気容量 C を θ の関数で書きなさい。但し、極板間は空気ではなく真空とする。

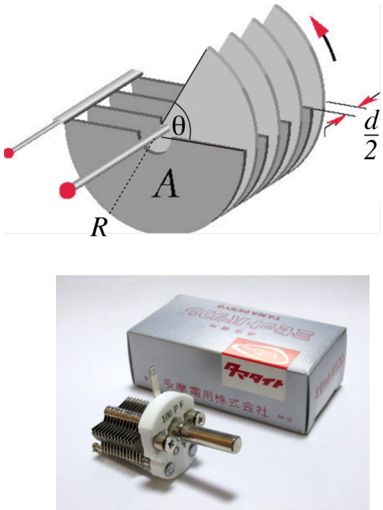

図１

（ヒント）　$\theta=\pi$ のとき $A=0$，$\theta=0$ のとき $A=\pi R^2/2$ となり、その間は線形で変化する。

【問５-2】　「一部が誘電体で満たされたコンデンサ」

平行板コンデンサが間隔 d で配置され、電極間が真空のとき、電気容量 C_0 を持っているとする。そこに、厚さ fd、比誘電率 κ を持つ誘電体を図２の様に電極間に差し込んだ場合のコンデンサの電気容量を求めなさい。

（ヒント）　f は比率であり、0 と 1 の間の数をとる。講義 Note#8 の ex.4 のように直列の等価回路に変換できる。

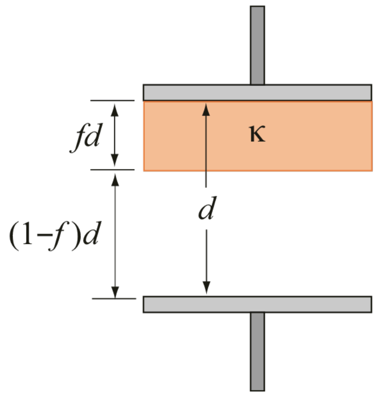

図２

【問 5-3】　「同軸ケーブルの電気抵抗」

教科書 p160、例題 23-4 の解答に『通常この値は銅などの抵抗に比べて非常に大きく、電極間の電流の漏れは無視できる』とある。これを数値的に評価してみよう。

(a) a = 0.500 [cm], b = 1.75 [cm]、同軸線の長さ L = 15.0 [cm]とする。内外導体間にポリエチレンが挿入されており、その抵抗率は 1.0×10^{13} [Ω・m]とする。このとき、内部導体と外部導体間の電気抵抗を求めよ。

(b) 次に、L = 15.0 cm の内部導体が「銅」で出来ているとし、その抵抗率を 1.7×10^{-8} [Ω・m]とする。内部導体の長さ方向の電気抵抗を求め、(a)で計算した値と比較せよ。

（ヒント）　$R=\rho L/A$　　　（A は内部導体の断面積）

【問 5-4】　「Wheatstone ブリッジ」

図 3 のような抵抗ブリッジにおいて、以下の問いに答えなさい。

(a)　$R_1 = 1$ [Ω]、$R_2 = 2$ [Ω]、$R_4 = 3$ [Ω]のとき、中央の抵抗 R_a に流れる電流が零（$I_a = 0$）となるような R_3 の抵抗値を求めよ。

(b)　R_4 が少し変化し、$R_4 = 3.01$ [Ω]となった。回路に加える電圧が $V_0 = 6$ [V]、$R_a = 0.1.$ [Ω]、R_3 が(a)で求めた値のとき、R_a に流れる電流値 I_a を求めよ。

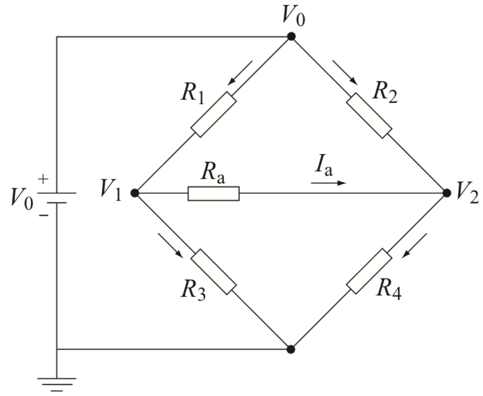

図３

（ヒント）　点 V_1,と点 V_2 にキルヒホッフの第 1 法則、ブリッジの外側（電源を含む）の左右のループ($V_0 \to R_1 \to R_3 \to V_0$ と $V_0 \to R_2 \to R_4 \to V_0$)、内側上部のループ ($V_0 \to R_1 \to R_a \to R_2 \to V_0$)にたいし、キルヒホッフの第 2 法則を適用する。

【問 5-5】　「水素原子の中心につくられる磁場」

長岡半太郎による 1903 年の原子模型では、水素原子は正電荷を持つ核（陽子）の周りを電子が回転運動している。電子は陽子との間隔を 5.29×10^{-11} [m]に保ちつつ、2.19×10^{6} [m/s]で回転運動していると仮定し、電子が陽子の位置に作る磁場[T]を計算しなさい。

但し、真空の透磁率 $\mu_0 = 4\pi\times10^{-7}$ [T・m/A]、電荷素量 $e = 1.602\times10^{-19}$ [C]とする。

（ヒント）量子論は使わずに、ビオサバールの法則より、円電流の作る磁場（教科書 p177）の式を用いてください。

【問 5-6】　「正方形および円状のコイルがつくる磁場」

(a)　図４のように一辺が長さ $L = 0.04$ [m]の正方形の形をした導線に電流 $I = 10.0$ [A]が~~反~~時計回りの方向に流れているとする。正方形中央部の磁場の強さと方向を求めなさい。

（ヒント）各辺にたいして直線電流による磁場（教科書 p176）の考え方を用いる。

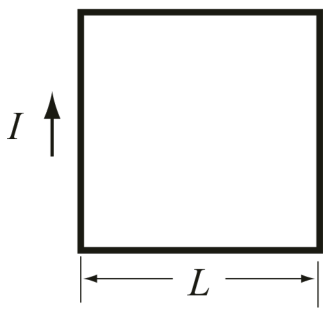

図４

(b)　導線の長さを変えずに、同じ電流を流したまま、コイルの形を正方形から 1 巻きの円に変形させた場合、円の中心の磁場の強さを求めなさい。

※　提出期限：1 月 1 1 日朝 1 0 時 3 0 分迄（レポート BOX に提出）計算・解の導出過程も記す事。

※　講義で省略した部分は自習しましょう。

※　講義資料ダウンロード：　http://sonicbangs.sci.hokudai.ac.jp/yanagisawa/Physics/