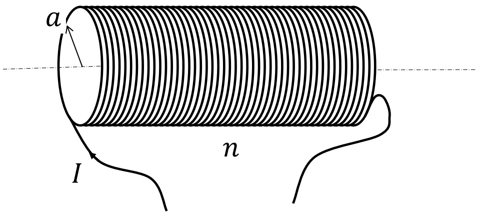
学籍番号＿＿＿＿＿＿ 氏名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿ 得点＿＿＿＿＿.

解答には最終結果だけでなく，必ず導出過程を記述すること．真空の透磁率をμ_0とする．

Q1: 巻き線密度n，半径aの無限長円形ソレノイドがある．電流 I を流した時の，ソレノイド内部，外部の磁場を求めたい．



(1) 対称性の議論から，ソレノイド内部の磁場について言えることを文章で述べよ(20).

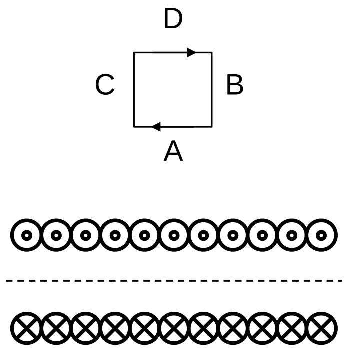
対称性の議論から，磁場は

(1) ソレノイドの軸方向である．

(2) 軸方向にはどこでも一様な大きさである

ここで，半径方向の分布については何もわかっていないことに注意．「内部の磁場は一様」などの解答は誤りである．

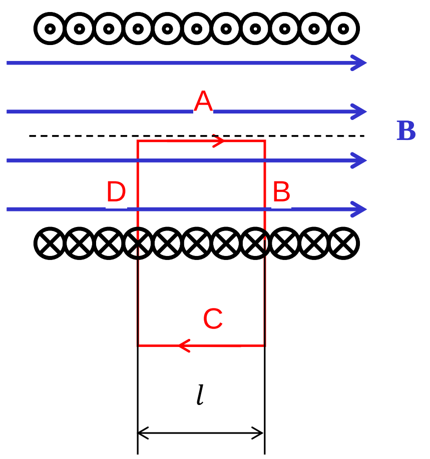
(2) 対称性の議論とアンペールの法則から，ソレノイド外部に磁場が存在しないことを示せ．右図の周回積分を使い説明すること．ここで，ソレノイドから無限に離れた場所の磁場はゼロであるという仮定は無条件に使える (10).



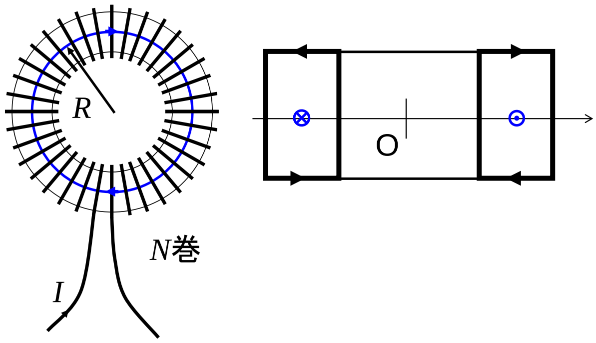
対称性の議論から磁場は軸方向で，一方周回路を囲む電流はゼロだから，経路 A，D の磁場は等しい．すなわち，ソレノイド外部の磁場はどこでも一様と分かる．無限遠の磁場はゼロだから，ソレノイド外部の磁場はどこでもゼロ．

(3) ソレノイド内部の磁場の大きさを求めよ．図に積分路を書き込み，計算過程を文章で説明すること(20).

図の ABCD の経路で磁場の周回積分を実行する．磁場の大きさを仮に B とすれば，周回積分は経路 A 以外ではゼロ，経路 A は磁場の方向だから，$\oint \boldsymbol{B}\cdot d\boldsymbol{s} = lB$を得る．一方，周回路が囲む電流は$nlI$である．アンペールの法則$\oint \boldsymbol{B}\cdot d\boldsymbol{s} = \mu_0 \sum I$を適用すると．$lB = \mu_0 nlI$．$B$ について解き，$B = \mu_0 nI$を得る．



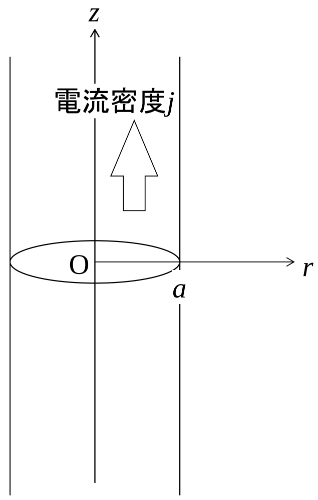
Q2: 円形のトロイダルコイルがある．トロイダルコイルとは，ドーナツ状の芯に導線を密に巻いたものである．導線の全巻き数をNとする．ここに電流Iを流した時のコイル内部の磁場を求めよ．右図を使い，計算過程を文章で説明すること(20)



対称性の議論から，磁場は図の半径Rの円に沿った方向で，大きさは円内で一様である．磁場の大きさをBとする．アンペールの法則$\oint \boldsymbol{B}\cdot \mathrm{d}\boldsymbol{s} = \mu_0 \sum I$を適用すると，$2\pi RB = \mu_0 NI$．$B$について解けば，

答：$B = \dfrac{\mu_0 NI}{2\pi R}$

Q3: 半径aの無限に長い円柱状導体があり，一様な大きさjの電流密度で電流が流れている．導体の中心をz軸に，円柱座標系を取る．



(1) 導体外部の磁場の大きさを求めよ(10).

対称性の議論から磁場は電流を回るように発生する．z軸を中心とする半径rの円周を取れば，磁場は円周に平行かつ一様．磁場の大きさをBとすれば，

磁場の線積分：$2\pi rB$　囲まれる電流：$\pi a^2 j$

アンペールの法則：$2\pi rB = \mu_0 \pi a^2 j$を用いて，

答：$B = \dfrac{\mu_0 a^2 j}{2r}$

(2) 導体内部の磁場の大きさを求めよ(10).

囲まれる電流が$\pi r^2 j$になるので，アンペールの法則は$2\pi rB = \mu_0 \pi r^2 j$となり，

答：$B = \dfrac{\mu_0 rj}{2}$

(3) (1)，(2)の結果を使い，横軸にr，縦軸に磁場の大きさを取ったグラフを描きなさい．$r = a$における磁場の大きさを縦軸に示しなさい(10).