1　１個の電荷が受ける力から出発して電流が受ける力 $\vec{F} = nq\vec{v} \times \vec{B}$ を求めよ。

2　$\sqrt{1/(\varepsilon_0 \mu_0)}$ を計算しそれが光速度に等しいことを確かめよ。

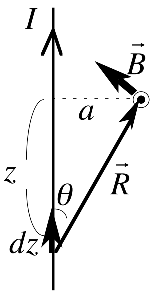
3　エルステッドの公式から $\vec{I}_1$ が $\vec{I}_2$ の所に作る磁場を求め、公式に $\vec{F} = \vec{I} \times \vec{B}$ より $\vec{I}_2$ がその磁場から受ける力を計算せよ。その結果が $F = -\dfrac{\mu_0 \hat{r}}{2\pi r} \vec{I}_1 \cdot \vec{I}_2$ と一致することを確かめよ。

4　ビオ・サバールの公式を積分して無限に長い直線電流がその周りに作る磁場を計算せよ。
電流から距離 a だけ離れたところの磁場を計算する

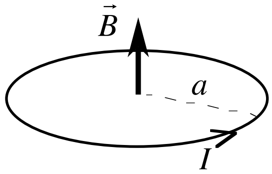
$\vec{r} - \vec{r}\,' = \vec{R}$、$\left|d\vec{l}\right| = dz$、とおけば右の図から　$\left|d\vec{l} \times \hat{R}\right| = dz \sin\theta = \dfrac{adz}{\sqrt{a^2 + z^2}}$　なので、

$$\left|\vec{B}\right| = \frac{\mu_0}{4\pi} \int I \frac{\left|d\vec{l} \times \hat{R}\right|}{R^2} = \frac{\mu_0 I a}{4\pi} \int \frac{dz}{\left(z^2 + a^2\right)^{3/2}}$$

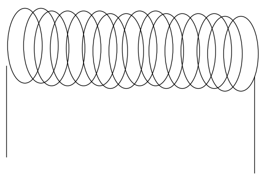
この積分を計算すればよい。



5　円電流がその中心に作る磁場を計算せよ。

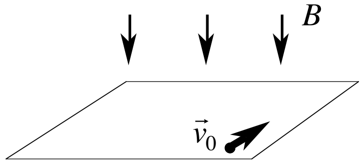


6　アンペールの（積分）法則を使ってソレノイド内の磁場を計算せよ。単位長さあたりのまき数を n とせよ。



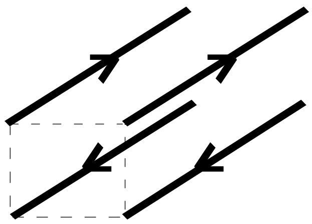
7　一様な磁場 $\vec{B}$ に垂直な方向に、電荷 q が初期速度 $\vec{v}_0$ で動き始めるとき、その後の運動を調べよ。

答え：周期 $T = \dfrac{2\pi m}{qB}$ の等速円運動

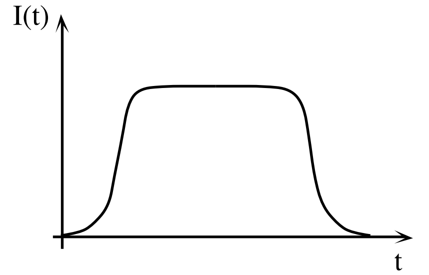


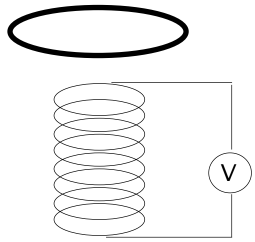
8　磁場 $\vec{B}$ に対して角度 θ の方向に向かって動き始めるときの運動を調べよ
答え：らせん運動

9　図のように４本の電流 I [A] が流れている。各電流に働く力と、中心の磁場を求めよ。ただし、電流を垂直に横切る断面は１辺が a [m] の正方形とする。



１０　コイルに図のように電流を流すとき、その上に置かれたループに生じる起電力の時間変化を定性的に図に示せ





１１　半径２ｃｍ、厚さ１ｍｍの銅筒内を、５ｇの協力磁石が毎秒１０ｃｍの速さで落下していく。磁石が通過する位置の上下それぞれ１ｃｍの帯に一様な誘導電流が流れるとして、誘導電圧および誘導電流の大きさを概算せよ。銅の抵抗率は $\rho = 1.7\times10^{-8}[\Omega m]$ とする。

１２　抵抗R、インダクタンスがLの閉回路に、ある時刻（t = 0とする）に電圧 V_0 をかける。その後の電圧の変化の様子を、微分方程式を解くことにより求めよ。

１３　半径1cmの鉄心のまわりに、半径0.1 mmの銅線が単位長さあたり100回巻かれた、長さ１０ cmのソレノイドがある。抵抗Rとインダクタンス L を求めよ。また、このソレノイドに1.5 [V] の電池をつないだときに、電流が最終の値に到達するまでのおよその時間、$\tau = L / R$ を計算せよ。

１３’　前問と同じソレノイドに1 [A] の電流を流したときに蓄えられるエネルギーを計算せよ

１４　電場の1成分（例えばz成分）を考え、それがx座標のみに依存する場合を考える。すなわち、$\vec{E}(t,x,y,z) \to E_z(t,x)$ とする。このとき、電場の波動方程式は、

$$\frac{\partial^2}{\partial z^2}E_z(t,x) = \varepsilon_0\mu_0\frac{\partial^2 E_z(t,x)}{\partial t^2}$$

と書ける。波の進む速さ v を適当に選ぶことにより、調和波 $E_z(t,x) = A\cos(\omega t - kx + \alpha)$ はこの方程式を満足することを示せ。このことからマックスウェルは何を予言したか。

１５　真空中のマックスウエルの方程式において、電場 $\vec{E}$ を消去することで磁場 $\vec{B}$ に対する波動方程式を導け。

１６　x方向に進む電磁波を $\vec{E}(t,x,y,z) = \vec{e}\cos(\omega t - kx + \alpha)$（$\vec{e}$ は定数ベクトル）と表す。真空中のマックスウエルの方程式を使って、電磁波の振幅ベクトル $\vec{e}$ が進行方向 (x方向）に直交することを示せ。このことから、電磁波は横波であることがわかる。

１７　真空中を伝わる電磁波の式（マックスウエルの方程式）の一つを用いて、電場ベクトルと磁場ベクトルは直交することを示せ。