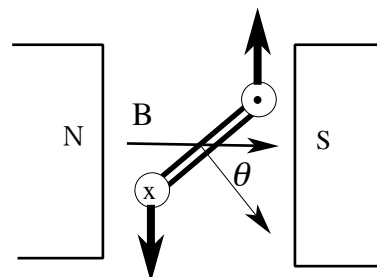


問1 一様な磁場 B の中に、電流 I [A] が流れる1辺が a の正方形コイルが置かれてある。図のように角度コイル面の法線と磁場のなす角度を θ とするとき、磁場がコイルに与えるトルクを求めよ。



問2 コイル面が磁場に垂直におかれてある状態から ($\theta = 0$ or 180 度) 平行になるように 90 度回転させるのに必要な仕事 (エネルギー) を計算せよ。

問3 磁場中に置かれたコイルのエネルギーを、 $\theta = 90^\circ$ のときを基準にすると、 $E = -MB \cos \theta$ と書けることを示せ。

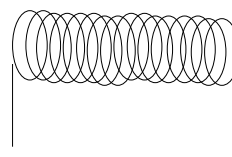
問4 電荷 q が半径 a の円周に添って速さ v で運動するとき生じる磁気モーメントを求めよ。またこの式を、角運動量を用いて表せ。(問3の結果から得られる磁場中の磁気モーメントのエネルギーを、量子化した性質を用いたのが核磁気共鳴。)

問5 $\sqrt{1/(\epsilon_0 \mu_0)}$ を計算しそれが光速に等しいことを確かめよ。

問6 エルステッドの法則を用いて、一様な磁場中を流れる直流電流のまわりに出来る磁場の様子を描き、電流が磁場の中に置かれたときに磁場から受ける力の向きに関する、フレミングの法則を説明せよ。

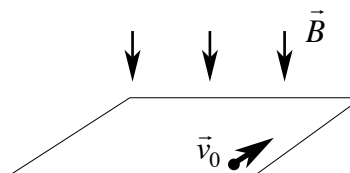
問7 ビオ・サバルの公式を積分して無限に長い直線電流がその周りに作る磁場を計算せよ。

問8 円電流がその中心に作る磁場を計算せよ。



問9 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。

問10 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。

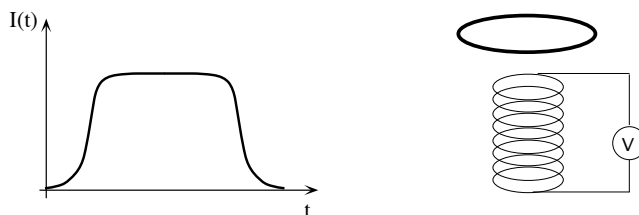


(答え: 周期 $T = \frac{2\pi m}{qB}$ の等速円運動)

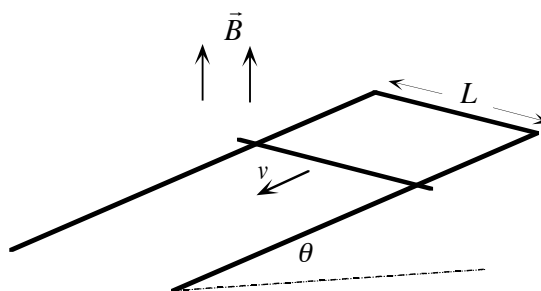
問11 磁場 \vec{B} に対して角度 θ の方向に向かって動き始めるときの運動を調べよ

(答え: らせん運動)

問12 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



問13 鉛直方向に強さ B の一様な磁場の中、角度 θ で置かれた幅 l のコの字型レール上を、質量 m の導体棒が転がり落ちるとき、速さを求めよ。空気抵抗や摩擦などは無視し、レールと導体棒が作るループの抵抗を R (一定) とする。



問14 自己インダクタンスが L の回路に、 $t=0$ の以降一定の電圧 V を加え続ける。回路に流れる電流の時間変化を、微分方程式を解くことにより求めよ。

問15 半径 1cm の鉄心のまわりに、半径 0.5mm の銅線が単位長さあたり 100 回巻かれた、長さ 10cm のソレノイドがある。抵抗 R とインダクタンス L および緩和時間 τ を求めよ。

問16 上のソレノイドの導線を 1.5V の電池につなぎ、手でしっかり押さえておく。ソレノイドには一定の電流が流れることになる。次いである瞬間に電池を離すと、直後に手に相当の電圧を感じるがある。この瞬間に加わる誘導電圧を求めよ。

問17 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ことにする。

すなわち、 $\vec{E}(t, x, y, z) \rightarrow E_z(t, x)$ とする。このとき、電場に対する波動方程式 $\nabla^2 \vec{E} = \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$

$$\frac{\partial^2}{\partial z^2} E_z(t, x) = \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 E_z(t, x)}{\partial t^2}$$

と書ける。波の進む速さ v を適当に選ぶことにより、調和波はこの方程式を満足することを示せ。このことにより、マックスウエルの方程式は、光速度で伝わる波を表現できることがわかる。

問18 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。

問19 x 方向に進む電磁波を $\vec{E}(t, x, y, z) = \vec{p} \cos(\omega t - kx + \alpha)$ (\vec{p} は定数ベクトル) と表す。真空中の(6-1)式 ($\rho = 0$ とする) を使って、電磁波の揺れ (振幅) の方向 \vec{p} 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。