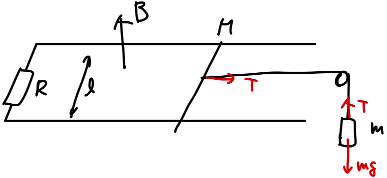
<#7> 電磁気

キーワード　電磁誘導，単振動，二体問題



① 距離lだけ離して導体のレールを2本水平に配置する。レールの左端に図のように抵抗Rの抵抗を接続する。ここに質量Mの導体棒をレールに垂直に置き、閉回路を作る。導体棒には糸がついていて、糸の先は滑車を通して質量mの物体がつながっている。この物体は鉛直方向に重力を受けているが初めはこの物体を手で支えていた。

閉回路に垂直に（磁場全体に対して）磁場Bをかけ，時刻$t=0$において物体の支えを外した。この後の導体棒の運動について考える。ただし，回路のインダクタンスと，摩擦，空気抵抗は無視する。

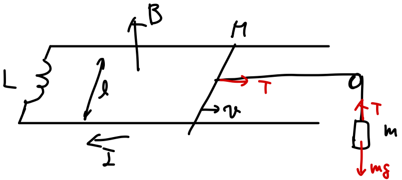
(1) 時刻tにおいて導体棒が速度$v(t)$，加速度$a(t)$とする。$a(t)$を$v(t)$を用いて表せ。ただし右向きを正とする。

(2) 十分時間がたつと、導体棒の速度は一定となった。このときの速度v_fを求めよ。
また、$v-t$グラフをかけ。

(3) 導体棒の速度がv_fとなった後の、抵抗で消費される単位時間あたりのジュール熱を求め、これが物体の単位時間あたりの位置エネルギーの減少量と等しいことを示せ。

② 抵抗の代わりに、自己インダクタンスLのコイルを挿入し、先ほどと同様に導体棒が静止した状態から、物体の支えを外し、その後の運動を考察する。

この間、糸は伸び縮みせず、導体棒と物体は一体となって運動しているとする。



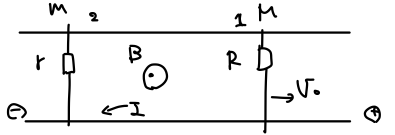
(1) 時刻tにおいて導体棒の速度、加速度をv、aとする。また図の方向に電流の正の向きを定義する。

tから$t+\Delta t$の微小時間の間に、Iから$I+\Delta I$と電流が変化したとするとき、ΔIとLの関係式を求めよ。この間vは近似的に一定とする。

(2) 前問の結果に合わせて. $\Delta x = v\Delta t$ という関係式を用いることでΔxとΔIが比例の関係になっていることを示せ。

(3) 前問の結果から, $t=0$のときの導体棒の位置を $x=0$ とすると. xとIもまた比例の関係にあることがわかる。この事実に加えて、導体棒の運動方程式を用いると. 導体棒が単振動することがわかる。
単振動の中心と、周期を求めよ。

[3] 同じレール上に質量mとMの導体棒1,2を図のように置く。この問題では導体棒の抵抗を考慮し、それぞれrとRとする。



レールは十分長く、摩擦、空気抵抗、閉回路のインダクタンスは無視する。場全体に裏から表へ磁場Bが貫いているとし、時刻 $t=0$ に導体棒 1 に初速度V_0を与えた。

時刻 t において、導体棒1の速度を V、加速度を A、2の速度を v、加速度を a とする。

(1) 運動方程式から、導体棒1、2の重心加速度 a_G が時刻によらず 0 であることを示し、重心速度 v_G を求めよ。

(2) 運動方程式から以下の式を導け。

$$A-a = -\frac{(Bl)^2}{\mu(R+r)}(V-v)$$

ただし $\mu = \dfrac{Mm}{M+m}$ (換算質量)とする。

(3) 十分に時間がたった後の導体棒1、2の運動はどうなるか説明せよ。

(4) 初期状態から(3)の状態にいたるまでに、抵抗 R, r で消費されたジュール熱の和はいくらになるか求めよ。