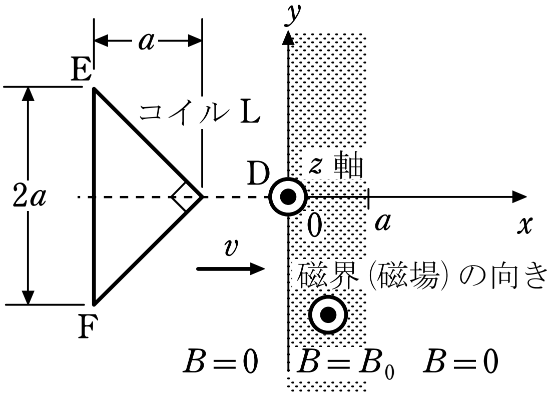
’03　東京工業大学

図のように，$+z$ 方向を向いている磁界(磁場)の磁束密度の大きさ B が，xy 平面内で $0 \leqq x \leqq a$ では $B=B_0$ (定数)，それ以外では $B=0$ となっている空間がある。この空間に底辺の長さが $2a$，高さが a であるような直角二等辺三角形 DEF(頂点 D が直角)の 1 回巻きコイル L を，そのコイル面が xy 平面と一致するように置く。そして図のように線分 EF の中点から頂点 D に向かう方向が x 軸と一致するようにして，$+x$ 方向に一定の速さ v で移動させる。



◉は紙面の裏より表に向かう方向を表す

なお，コイルの抵抗を R とし，導線の太さは無視する。設問(1)～(4)では，コイルの自己インダクタンスは無視するものとする。また，時刻 $t=0$ では頂点 D が $x=0$ にある。

(1)　次の枠内に入る式を答えよ。

コイル L を貫く磁束 Φ は，$+z$ 方向を正として $0<t \leqq \dfrac{a}{v}$ では $\Phi_1(t)=\boxed{\text{ア}}$ となり，$\dfrac{a}{v}<t \leqq 2\dfrac{a}{v}$ では $\Phi_2(t)=\boxed{\text{イ}}$ となる。$0<t \leqq \dfrac{a}{v}$ では時刻が t から微小時間 Δt だけ経過して $t+\Delta t$ になったときの磁束 Φ_1 の変化量 $\Delta\Phi_1$ は，$\Delta\Phi_1=\boxed{\text{ウ}}$ となる。このとき Δt の項に比較して $(\Delta t)^2$ の項が小さいとして無視すれば，コイルに誘起される誘導起電力 $V_1(t)$ は，D → E → F → D に沿って発生する起電力を正として $V_1(t)=\boxed{\text{エ}}$ と表すことができる。同様にして，$\dfrac{a}{v}<t \leqq 2\dfrac{a}{v}$ での誘導起電力は $V_2(t)=\boxed{\text{オ}}$ となる。

(2)　$0<t \leqq 2\dfrac{a}{v}$ でコイル L に流れる電流 I の時間変化をグラフに示せ。この間での電流 I の大きさの最大値 I_m を求めよ。ただし，D → E → F → D に沿って流れる電流の向きを正とせよ。

(3)　$0<t \leqq \dfrac{a}{v}$ でコイル L がジュール熱として消費している電力 P を，時刻 t の関数として表せ。

'03　東京工業大学

(4)　コイル L を一定の速さ v で移動させるために外から加えている力 F を，$0<t\leqq\dfrac{a}{v}$ で時刻 t の関数として求めよ。ただし $+x$ 方向に加えている力を正とする。また $0<t\leqq2\dfrac{a}{v}$ でコイル L に加えている力 F を，$+x$ 方向を正としてグラフにおおよその形を示せ。

(5)　次に，コイル L の自己インダクタンスが無視できない場合を考える。
$0<t\leqq\dfrac{a}{v}$ のときの電流の大きさは，同じ時刻 t で比較した場合，上記(2)で調べた電流の大きさよりも大きくなるか，小さくなるか，あるいは変わらないかを答えよ。また，そのように考えた理由を50字以内で記せ。