

〔Ⅱ〕 図1には長さ l 、断面積 S で全巻き数が N のソレノイドコイルが示されている。コイルの端子 A, B には電流の強さを自由に変化させて流すことのできる装置 D が接続されている。ただし、電流はコイル内を A 端から B 端へ流れる向きを正方向とする。真空の透磁率を μ_0 とし、以下の問いに答えよ。

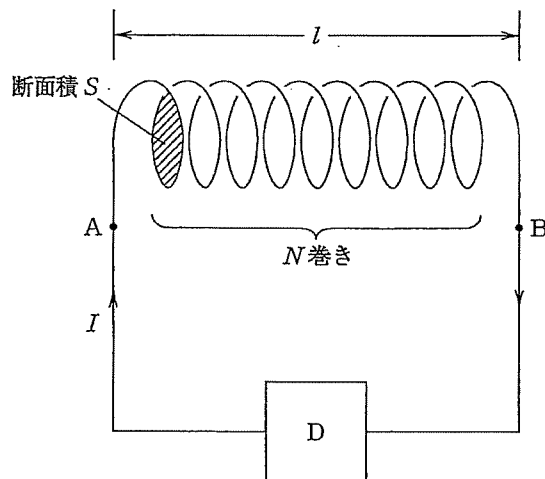


図1

問1 ソレノイドコイルに正方向に強さ I の電流が流れているとき、コイルの内部に生じている磁場(磁界)の強さ H とコイルを貫く磁束 Φ を、 I, l, N, S, μ_0 のうち必要なものを用いて表せ。

問2 時刻 t に強さ I で流れていた電流が一様に増加して、時刻 $t + \Delta t$ には $I + \Delta I$ となった。この間に AB 間で生じる誘導起電力 V を求めよ。ただし、誘導起電力 V は図1の I の矢印の向きを正とする。また、ソレノイドコイルの自己インダクタンス L を求めよ。また、導き方も記せ。

図1の自己インダクタンス L のソレノイドコイルと内部抵抗の無視できる起電力 V の電池、抵抗値 R の抵抗器、電気容量 C のコンデンサー、およびスイッチ S_1 、 S_2 を用いて図2のような回路を作った。はじめコンデンサーに電荷は蓄えられておらず、抵抗器以外の抵抗は無視できるものとする。

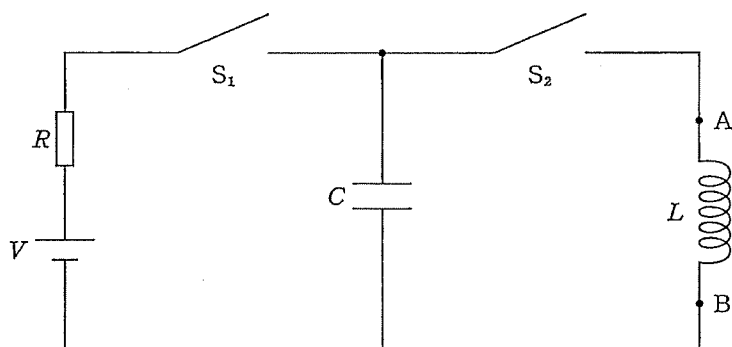


図2

問3 スイッチ S_2 を閉じた後、 S_1 を閉じる。十分に時間が経過したときコイルに流れる電流の強さ I_0 を V 、 R 、 C 、 L のうち必要なものを用いて表せ。また、このときコイルに蓄えられているエネルギー E を L と I_0 を用いて表せ。

問4 その後、スイッチ S_1 を開くと、コンデンサーとコイルからなる回路には周期的に振動する電流が流れる。 S_1 を開いた時刻を $t=0$ として、B に対する A の電位の時間変化を実線で、ソレノイドコイルを A から B 向きに流れる電流を破線で解答欄のグラフに示せ。ただし、電位の最大値を V_0 、振動の周期を T とする。また、 T を C 、 L を用いて表せ。

問5 問4の V_0 を C 、 L 、 I_0 を用いて表せ。

問6 はじめの状態に戻し、スイッチ S_1 のみを閉じる。十分に時間が経過した後 S_1 を開き、その後スイッチ S_2 を閉じる。 S_2 を閉じた時刻を $t=0$ として、B に対する A の電位の時間変化を実線で、ソレノイドコイルを A から B 向きに流れる電流を破線で解答欄のグラフに示せ。ただし、電流の最大値を I_1 とする。