

[問題：物理]

問題 1 振り子の問題を考える。以下の設問 (1)～(6) に答えよ。ただし、重力加速度を g [m/s²] とする。

図 1 のように、質量 $m, 2m$ [kg] の錘（おもり）と伸びない糸からなる単振り子 A, B を、互いに接するように吊り下げる。いずれの単振り子も取り付け部から錘の重心までの長さは L [m] である。単振り子 A を鉛直方向から 30° の角度まで糸がたるまないように持ち上げて静かに放すと、静止した単振り子 B に衝突した。ただし、単振り子の錘の速度は図 1 の右向きを正とする。

- (1) 単振り子 A を放してから単振り子 B に衝突するまでの時間 [s] を求めよ。
- (2) 単振り子 A の錘の衝突直前の速度 v_A [m/s] を求めよ。
- (3) 弾性衝突（反発係数 $e=1$ ）として、衝突直後の単振り子 A, B の錘の速度 v'_A, v'_B [m/s] を v_A を用いて表せ。

つぎに振り子 B を取り除いて、図 2 のように振り子 A が鉛直方向から 60° をなす角度で回転する円錐振り子を考える。床からの高さ H [m] の天井に、円錐振り子 A の糸の一端が取り付けられている。取り付け部から錘の重心までの長さは L [m] であり、錘の質量は m [kg] である。

- (4) 円錐振り子の錘にはたらく遠心力 [N] と糸の張力 [N] を m, g を用いて表せ。
- (5) 錘の周方向の速さ [m/s] を、 m, g, L, H のうち必要なものを用いて表せ。
- (6) 糸が突然切れて錘が落下した。糸が切れてから床へ落下するまでの間の、錘の水平方向変位 [m] を、 m, g, L, H のうち必要なものを用いて表せ。

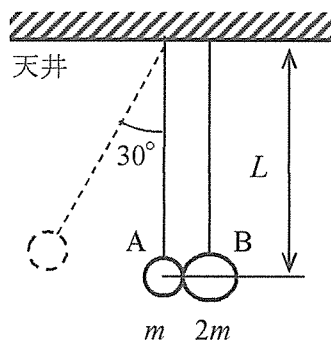


図 1

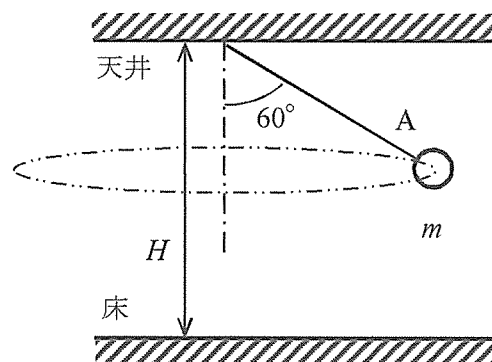


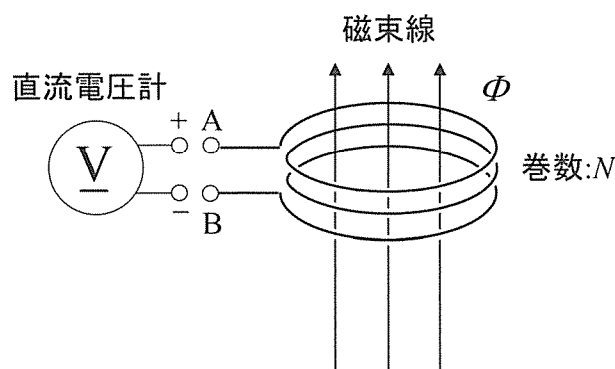
図 2

問題 2 図 3(a)に示すように、 N 巻のコイルを磁束 Φ [Wb] が貫いている。図中の矢印の方向にコイルを貫く向きを磁束線の正方向と定義する。そして、磁束 Φ が正 ($\Phi > 0$) のとき、その磁束線の向きは図中の矢印と同方向であり、磁束 Φ が負 ($\Phi < 0$) のとき、その磁束線の向きは図中の矢印と逆方向とする。図中の磁束 Φ は同図(b)に示すように時間 t [s] に対して変化しており、これによりコイルに電磁誘導による誘導起電力を生じる。直流電圧計によりコイルに現れる誘導起電力を測定するとして、以下の設問に答えよ。

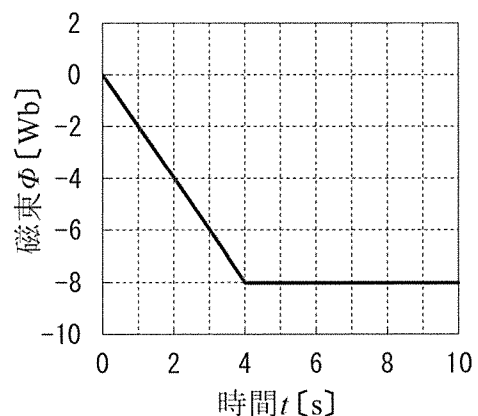
- (1) 測定の前に予想される誘導起電力を求めておきたい。時刻 1～3 秒の間、および時刻 6～8 秒の間でのコイルに生じる誘導起電力の絶対値 [V] を求めよ。ただし、記号は巻数 N のみ用いて良い。

直流電圧計は大きな内部抵抗をもち、指示値は流れた電流に比例する。直流電圧計の内部抵抗に比べてコイルの導体の抵抗は十分小さく無視できるとして、以下の設問に答えよ。

- (2) 直流電圧計には+端子と-端子があり、+端子を測定したい誘導起電力の高電位側 (+側) に接続したい。+端子に接続すべき端子はコイル両端の A 端子、B 端子のどちらかを示せ。
- (3) $t=0$ [s] でコイルに直流電圧計を接続し、誘導起電力を測定した。その結果、時刻 1～3 秒の間の直流電圧計の指示値は(1)で予想した誘導起電力より常に小さかった。(1)で予想した誘導起電力と直流電圧計の指示値に差を生じた理由を 15 字以内で簡潔に述べよ。



(a)



(b)

図 3

次に、図 4 に示すように N' 巻のコイルの両端子間に電気容量 $C=10\text{ }\mu\text{F}$ のコンデンサーと瞬時値の最大値を 100 V 一定としたままで角周波数 ω [rad/s] を自由に変化させることができる交流電源を接続した。角周波数 ω を徐々に増加させながらコンデンサーに流れる電流をオシロスコープで観測したところ、電流の瞬時値の最大値は徐々に増加し、 $\omega=\omega_0=1000\text{ rad/s}$ とした時、電流の瞬時値の最大値は最も大きくなり、 5 A であった。コイルの導体の抵抗 R [Ω] に比べ、配線や交流電源の内部抵抗は無視できるとして、以下の設問に答えよ。

- (4) コイルの導体の抵抗値 R [Ω] を数値で示せ。
- (5) $\omega=\omega_0=1000\text{ rad/s}$ の時のコンデンサーのリアクタンス X_{C0} [Ω] を数値で示せ。また、その両端に現れる電圧の瞬時値の最大値 V_{C0} [V] を数値で示せ。
- (6) コイルの A-B 端子間に現れる電圧の瞬時値の最大値 V_{AB0} [V] を数値で示せ。

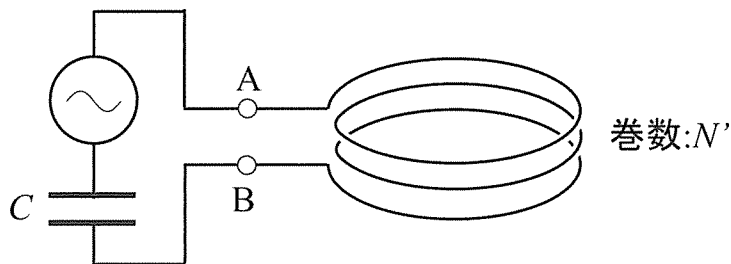


図 4