

和歌山県立医科大学

平成 25 年 度

理 科

問 題 冊 子

和歌山県立医科大学

問題訂正

理科

物理

[1](7)

2 ページ目 上から 4 行目

(誤) $-\frac{\pi}{2} \leq \varphi < \frac{\pi}{2}$ とする。

(正) $-\frac{\pi}{2} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}$ とする。

物 理

- [1] 図 1 のように、水平面に対して 30° の角度をなす滑らかな斜面上に、ばね定数が k で質量の無視できるばねの上端が固定されている。座標は、斜面方向下向きに x 軸を、 x 軸に垂直で上向きに y 軸をとり、ばねが自然の長さのときの下端の位置を原点 O とする。このばねの下端に大きさの無視できる質量 m の小球を取り付けた。以下では、重力加速度を g とする。

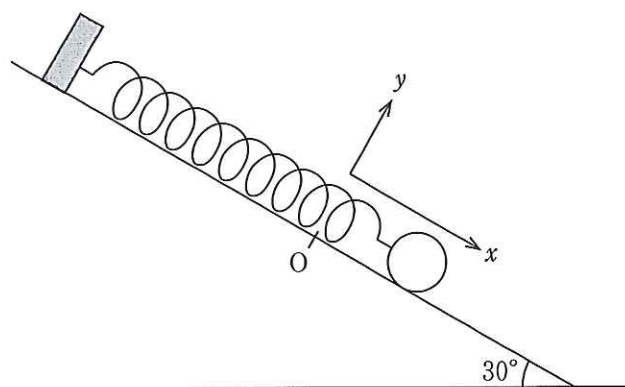


図 1

- (A) 斜面上で小球が静止している。次の問に答えよ。
- (1) ばねの、自然の長さからの伸び x_0 を求めよ。
- (B) 小球に x 方向の力を加えて、その位置を x_1 とした。以下の各問に答えよ。
- (2) 小球に加えた力を求めよ。
 - (3) 小球が斜面から受ける垂直抗力を求めよ。
- (C) 時刻 $t = 0$ に加えていた力を静かに取り去り、小球を自由にした。次の問に答えよ。
- (4) 時刻 t での x 方向の加速度を a として、位置 x にある小球の運動方程式を求めよ。
- (D) ここで、振動する小球の時刻 t での位置を
- $$x = A \cos(\omega t + \varphi) + B$$
- と表す。ただし、 A は振動の振幅、 ω は角振動数、 φ は初期位相、 B は振動の中心位置であり、いずれも定数である。以下では、微小時間を Δt とすると $\omega \Delta t$ も微小量となり、 α が微小量のときに $\sin \alpha \doteq \alpha$ 、 $\cos \alpha \doteq 1$ とする近似を用いてよい。次の各問に答えよ。
- (5) 時刻 t から $t + \Delta t$ の微小時間に小球の位置が x から $x + \Delta x$ に変化することを考えて、時刻 t での斜面上を運動する小球の速度 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ を求めよ。

- (6) 時刻 t から $t + \Delta t$ の微小時間に小球の速度が v から $v + \Delta v$ に変化することを考えて、時刻 t での斜面上を運動する小球の加速度 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ を求めよ。
- (7) 初期位相 φ の値を、ラジアン(rad)の単位で求めよ。ただし、 φ の範囲は $-\frac{\pi}{2} \leq \varphi < \frac{\pi}{2}$ とする。
- (8) 周期 T を、 m, k, g のうち必要なものを用いて表せ。
- (9) 中心位置 B を、 m, k, g のうち必要なものを用いて表せ。
- (10) 振幅 A を、 m, k, g, x_1 のうち必要なものを用いて表せ。
- (11) 小球の位置 x と速度 v の関係式を、 A と B を用いずに表せ。
- (12) (11)で求めた式のグラフを、横軸を x 、縦軸を v として描き、横軸、縦軸との交点の座標をグラフ内に記入せよ。ただし、ここでは $x_1 > 2x_0$ とする。

[2] 空気の透磁率を μ_0 として、以下の各問に答えよ。

- (A) 図 2-1 に示すように、空气中に十分に長い直線導線があり、この導線から距離 r だけはなれたところに短辺 a 、長辺 b の一回巻き長方形コイルが置かれている。導線とコイルの長辺は平行で、同一平面上にある。 a は r に比べて十分小さく、導線に流れる電流 I が長方形コイルの位置につくる磁場は一様で、導線からの距離が r の磁場と見なしてよい。次の問に答えよ。

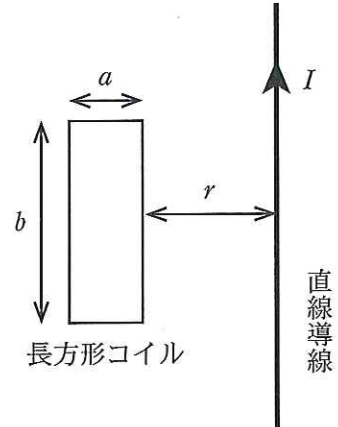


図 2-1 一回巻き長方形コイル

- (1) 直線導線に電流 I が流れるとき、コイル内に生じる磁束密度の大きさを求めよ。

- (B) 図 2-1 の一回巻き長方形コイルを円環状に並べ、となり合う長方形コイル同士を直列につなぎ、図 2-2、図 2-3 のような半径 r 、幅 a 、高さ b のコイル(トロイドコイル)をつくった。このトロイドコイルの巻き数は、半径 r の円周に沿って単位長さ当たり n 回である。また、トロイドコイルの各一巻きがつくる平面上にトロイドコイルの中心軸があると見なしてよい。トロイドコイルの中心軸に直線導線を通し、時刻を t として角周波数 ω の交流電流 $I = I_0 \cos \omega t$ を流す。このときの誘導起電力のふるまいを見るためにトロイドコイルに電圧計をつないだ。ただし、電流の正方向は、図 2-2 では中心軸の矢印の向き、図 2-3 では中心軸上を紙面に垂直に裏から表へ向かう向きとする。磁場の正方向は、電流の正方向に右ねじを進めるときにねじを回す向きとする。 a は r に比べて十分小さく、直線導線に流れる電流 I がトロイドコイルの位置につくる磁場は一様で、導線からの距離が r の磁場と見なしてよい。また、トロイドコイルのふるまいに対する電圧計接続部分の影響は無視できるとする。以下の各問に答えよ。

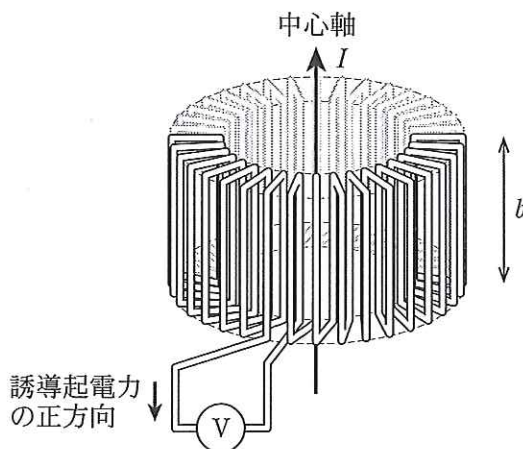


図 2-2 斜め上から見たトロイドコイル

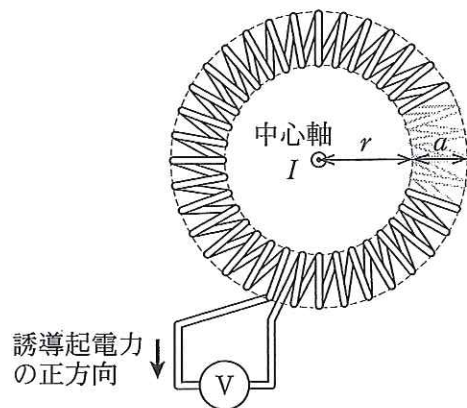


図 2-3 上から見たトロイドコイル

- (2) 時刻 t でのトロイドコイルの一巻きを貫く磁束 Φ を, $\mu_0, r, a, b, I_0, \omega, t$ のうち必要なものを用いて表せ。
- (3) 時刻 t から $t + \Delta t$ の微小時間に磁束が Φ から $\Phi + \Delta\Phi$ に変化するとき, トロイドコイルの一巻きに生じる誘導起電力を, $\Phi, \Delta\Phi, t, \Delta t$ のうち必要なものを用いて表せ。ただし, 誘導起電力の正方向は, 図 2-2 および図 2-3 に示す通りとする。
- (4) トロイドコイルの一巻きを貫く磁束の変化 $\Delta\Phi$ を, $\mu_0, r, a, b, I_0, \omega, t, \Delta t$ のうち必要なものを用いて表せ。ただし, 微小時間 Δt では $\omega\Delta t$ も微小量となり, x が微小量のときに $\sin x \doteq x, \cos x \doteq 1$ とする近似を用いてよい。
- (5) トロイドコイルの一巻きに生じる誘導起電力を, $\mu_0, r, a, b, I_0, \omega, t$ のうち必要なものを用いて表せ。
- (6) トロイドコイル全体に生じる誘導起電力を, $\mu_0, r, a, b, n, I_0, \omega, t$ のうち必要なものを用いて表せ。
- (7) 測定される電圧の実効値を V_e としたとき, 直線導線に流れる電流の実効値を, $V_e, \mu_0, r, a, b, n, \omega$ のうち必要なものを用いて表せ。
- (C) トロイドコイルの中心軸に通した直線導線を, 大きな一回巻きコイルの一部と見なし, 直線導線とトロイドコイルの間の相互インダクタンスを M とする。ただし, この大きな一回巻きコイルに電流が流れるときに, 直線導線以外の部分がトロイドコイルの位置につくる磁場は無視できるとする。以下の各問に答えよ。
- (8) 時刻 t から $t + \Delta t$ の微小時間に直線導線に流れる電流が I から $I + \Delta I$ に変化するとき, トロイドコイルに生じる誘導起電力を, $t, \Delta t, I, \Delta I, M$ のうち必要なものを用いて表せ。
- (9) 相互インダクタンス M を, μ_0, r, a, b, n のうち必要なものを用いて表せ。ただし, 微小時間 Δt では $\omega\Delta t$ も微小量となり, x が微小量のときに $\sin x \doteq x, \cos x \doteq 1$ とする近似を用いてよい。

- [3] 水路中を流れる粒子の速度を測定することを考える。図 3 のように、空気中に置いた超音波送受信器の送信部から送信された超音波が、粒子によって反射されたのちに受信部で受信される。なお、送信部の照射面積と受信部の受信面積は、粒子が単位時間に移動する範囲を十分に覆っているとしてよい。また、水路の壁による超音波の反射や屈折は無視してよい。

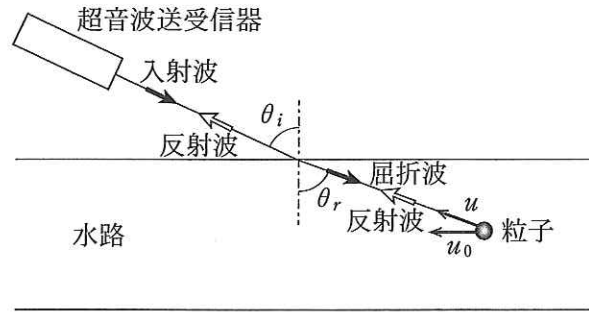


図 3

超音波送受信器から送信される超音波の空気中での速度を V_0 、振動数を f_0 、超音波の水路への入射角を θ_i 、空気に対する水の屈折率を n 、水路中を水路に沿って流れる粒子の速度を u_0 とする。ここでは、水中に入射した超音波を屈折波と呼び、粒子によって反射された超音波を反射波と呼ぶことにする。なお、屈折角が入射角よりも大きくなるが、これは、超音波の伝わる速度が空気中より水中の方が大きいためである。以下の各問に答えよ。

- (1) 屈折角を θ_r としたとき、 $\sin \theta_r$ を求めよ。
- (2) 屈折波の速度 V_1 を求めよ。
- (3) 屈折波の波長を求めよ。
- (4) 屈折波の振動数 f_1 を求めよ。
- (5) 粒子の速度 u_0 の、水中での反射波の進行方向の成分 u を、 θ_r を用いずに表せ。
- (6) 時間 t の間に 1 個の粒子が反射する波の数を、 u 、 V_1 、 f_1 、 t を用いて表せ。
- (7) 水中での反射波の波長 λ_2 を、 u 、 V_1 、 f_1 を用いて表せ。
- (8) 水中での反射波の振動数 f_2 を、 u 、 V_1 、 f_1 を用いて表せ。
- (9) 反射波が水中から出て超音波送受信器の受信部に達した。受信する反射波の振動数 f_3 を、 u_0 、 V_0 、 f_0 、 θ_i を用いて表せ。
- (10) 受信する振動数 f_3 と送信する振動数 f_0 との差 $\Delta f = f_3 - f_0$ を、 u_0 、 V_0 、 f_0 、 θ_i を用いて表せ。
- (11) 空気中の超音波の速度が 340 m/s 、振動数が $5.0 \times 10^6 \text{ Hz}$ のとき、入射角を 30° とすると送受信の振動数の差 Δf が $1.0 \times 10^3 \text{ Hz}$ となった。このとき、粒子の速度 u_0 を、有効数字 2 桁で求めよ。