

平成21年度 個別学力試験問題

理 科 (120分)

生命環境学群 (生物学類, 生物資源学類, 地球学類)
 (地球学類)※地理歴史を選択する者は, 理科1科目と合わせて
 120分

理工学群 (数学類, 物理学類, 化学類, 応用理工学類, 工学システム学類)
 情報学群 (情報科学類)

(知識情報・図書館学類)※1科目選択で60分

医学群 (医学類, 医療科学類)

目 次

物	理	1
化	学	7
生	物	17
地	学	25

注 意

- 1 問題冊子は1ページから31ページまでである。
- 2 受験者は下表の志望する学類の出題科目を解答すること。

学 類	出 題 科 目				備 考
	物理	化学	生物	地学	
生 物 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
生 物 資 源 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
地 球 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答 又は地理歴史を選択する者は○ 印の中から1科目選択
数 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
物 理 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
化 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
応 用 理 工 学 類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
工 学 シ ス テ ム 学 類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
情 報 科 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
知 識 情 報 ・ 図 書 館 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
医 学 類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答
医 療 科 学 類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答

物 理

I 図1に示すように、 z 軸を中心軸とする頂角 2θ の円錐状の容器がある。容器は地面に垂直に設置され、この容器の内側に大きさが無視できる質量 m の小球が、容器の底にある小さな穴を通して質量 M のおもりと糸で結ばれている。小球は穴から距離 L の位置を保ち、容器内側の滑らかな斜面上を速さ v_0 で等速円運動をしていて、おもりは静止している。糸と容器との間に摩擦は無く、糸は伸縮せず質量は無視できるとして、以下の問に答えよ。ただし、重力加速度を g とし、解答は全て解答用紙の所定の欄に記入し、考え方や計算の要点も記入せよ。

問1 小球に働く向心力の大きさを v_0 、 m 、 L 、 θ のうち必要なものを用いて表せ。

問2 小球の速さ v_0 を m 、 M 、 L 、 θ 、 g のうち必要なものを用いて表せ。

小球が等速円運動している途中、図2のように、ある瞬間に小球から糸が外れた。この後の運動でも、小球の速度を水平方向成分 U と、これに垂直な母線方向成分 V に分解するとき、穴から小球までの距離と U の積が、常に一定となる性質がある。小球は z 軸の周りを回転しながら斜面を上がり、最高到達点に達した後、 z 軸の周りを回転しながら斜面を下り、再び穴から距離 L の位置に達した。この小球について以下の問に答えよ。

問3 この時の小球の速さを v_0 、 m 、 M 、 L 、 θ 、 g のうち必要なものを用いて表せ。

問4 この時の U と V を v_0 、 m 、 M 、 L 、 θ 、 g のうち必要なものを用いて表せ。

問5 この後、十分長い時間が経過する間、小球がどのような運動をするか、次の(ア)~(エ)の中から選び記号で答えよ。また、その理由を説明せよ。

- (ア) 回転しながら下がり、穴に到達する
- (イ) 高さを保ちながら回転する
- (ウ) 回転しながら上がり続ける
- (エ) 回転しながら上下運動を繰り返す

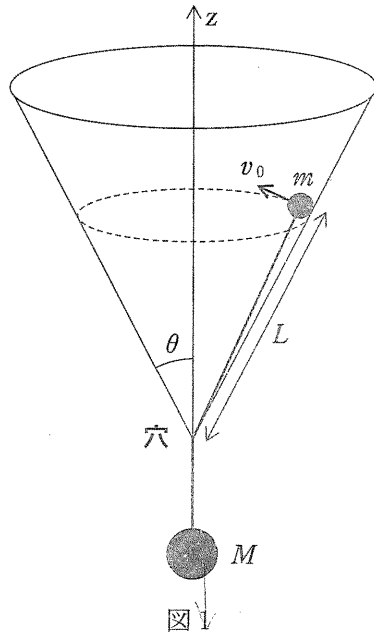


图 1

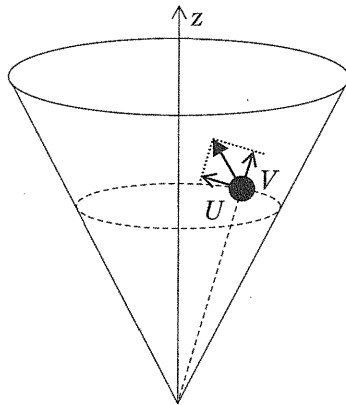


图 2

II 図のように、容器に入っている電極面積 S の平行平板コンデンサーがある。コンデンサー下側電極は固定され、上側電極はばねでつるされている。この平行平板コンデンサーはスイッチ SW 1 を介して起電力 V_0 の電池につながっている。真空の誘電率を ϵ_0 とし、空気と真空の誘電率は等しいとする。さらに電極の面積 S は端の影響を無視できるほど大きいとする。電極の重さや浮力は無視できるものとして、以下の問に答えよ。解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入し、考え方の要点も記入すること。

問 1 スイッチ SW 1 を閉じるとばねがわずかに伸びて、図 1 のようにコンデンサーの電極間隔が d となって静止した。このときコンデンサーの容量 C_0 、コンデンサーに蓄えられている電荷 Q_0 、と静電エネルギー U_0 を ϵ_0 、 S 、 V_0 、 d を用いて表せ。

問 2 スイッチ SW 1 を開き、コンデンサーを電池から切り離れた。ここでわずかに外力を加えてコンデンサーの電極間隔を d から $d + \Delta d$ に変化させたときの静電エネルギーの変化量 ΔU を、 Δd 、 ϵ_0 、 Q_0 、 S 、を用いて表せ。ただし、 Δd は微小であるとする。

問 3 問 1 でスイッチ SW 1 を閉じたときのばねの伸びは $\frac{d}{20}$ であった。またばねの伸びはフックの法則に従うとして、このばねのばね定数 k を、 ϵ_0 、 S 、 V_0 、 d を用いて表せ。

問 4 スイッチ SW 1 を閉じたまま、容器に比誘電率 ϵ_r の油をコンデンサーが十分浸るように注入したところ、さらにばねが伸びて図 2 のように電極間隔が $\frac{d}{2}$ となった。このときのばねの伸びは $\frac{11}{20}d$ である。この油の比誘電率 ϵ_r を数値で求めよ。

問 5 つぎにスイッチ SW 1 を開き、コンデンサー上側電極を油に浸したまま持ち上げて電極間距離を d とし、油を完全に抜いた(図 3)。このときのコンデンサー電極間の電位差が V_0 の何倍になるか求めよ。

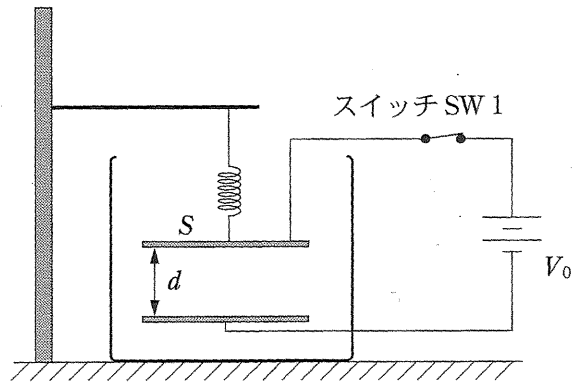


図 1

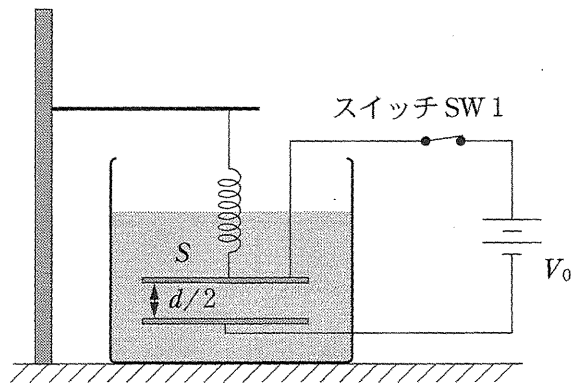


図 2

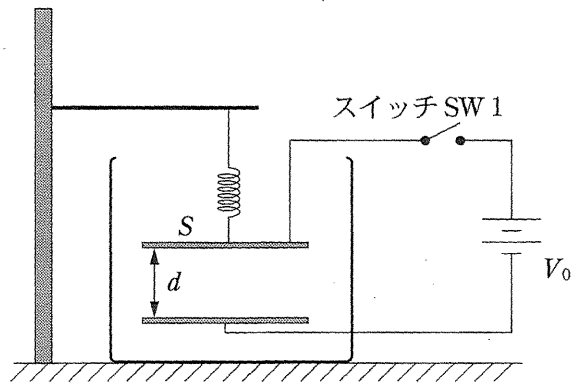


図 3

Ⅲ 図1のように、点Oを中心とした円周上を、大きさが無視できる音源が周期 T で等速円運動をしている。この音源から発生する音波を点Pで観測したところ、図2のような周波数の時間変化が得られた。ここで、 f_{\max} は観測された最大周波数で、 f_{\min} は観測された最小周波数である。また、 t_2 は f_{\max} が、 t_1 と t_3 は f_{\min} が観測された時刻である。点Pでの観測結果をもとに、音源の周波数 f_0 、等速円運動の速さ v_0 、円運動の半径 R 、そして、円運動の中心Oと観測点Pの距離 L を求めることを考える。音速 V は既知であるとし、また音源の速さ v_0 は V より小さいとして、以下の問いに答えよ。解答は全て解答用紙の所定の欄に記入し、考え方や計算の要点も記入せよ。

問1 一般に周波数 f_0 の音源が、静止している観測者に速さ v_s で近づいてくる場合、観測される周波数 f は、

$$f = \frac{V}{V - v_s} f_0 \quad (\text{a})$$

で与えられる。この式を導け。

問2 (a)式を利用し、円周上の各点A, B, C, D, E, Fで音源から発せられた音波が、点Pで観測される周波数を R, f_0, L, V, v_0 のうち必要なものを用いて表せ。また、点Pで観測される周波数が f_{\max} と f_{\min} となる音波は円周上のどの点で発せられたか記号で答えよ。ただし、C, Fは直線OP上にあり、B, DはOを通り直線OPに垂直な直線上にあり、A, EはPを通る直線と円周の接点である。また、(a)式で、 v_s は音源から観測点に向けた速度ベクトルの成分になることに注意せよ。

問3 f_0 と v_0 を f_{\max}, f_{\min}, V のうち必要なものを用いて表せ。

問4 周期 T を図2のグラフより求めよ。また、それを利用し、 R を V, v_0, t_1, t_2, t_3 のうち必要なものを用いて表せ。

問5 $\angle APO$ の大きさを、 θ とする。 2θ は等速円運動で音源がEからAに移動する時間を使って求めることができる。このことを利用し θ を t_1, t_2, t_3 のうち必要なものを用いて表せ。つぎに、 L を $f_{\max}, f_{\min}, t_1, t_2, t_3, V$ のうち必要なものを用いて表せ。

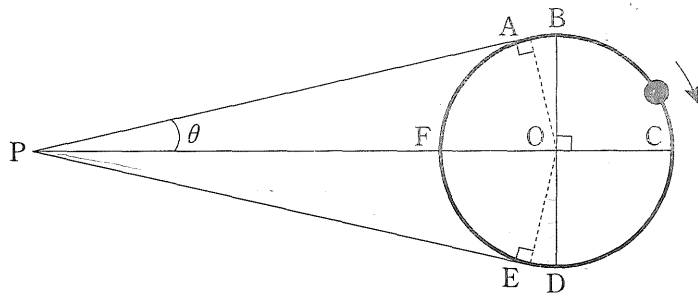


図 1

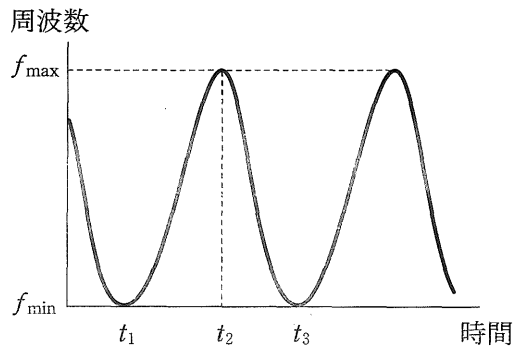


図 2