

愛媛大学

物理

問題

2016年度入試

【学部】 教育学部、理学部、医学部、工学部、農学部

【入試名】 前期日程

【試験日】 2月25日

【問題解答前の確認事項】

〔注意〕 医は1・4のみ、他は1～4を解答する。



「過去問ライブラリーは、(株)旺文社が刊行する「全国大学入試問題正解」を中心とした過去問、研究・解答(解答・解説)を掲載しています。本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は、(株)旺文社または各情報提供者に帰属します。本サービスに掲載の全部または一部の無断複製、配布、転載、譲渡等を禁止します。各設問に対する「研究・解答」は原則として旺文社が独自に作成したものを掲載しています。掲載問題のうち★印を付したものは、著作権法第67条の2第1項の規定により文化庁長官に裁定申請を行った上で利用しています。

裁定申請日 【2017年】8/1 【2018年】4/24、9/20 【2019年】6/20

1 以下の設問に答えよ。

図1に示すように、水平方向に x 軸、鉛直上向きに y 軸を取り、水平面上の原点 O から質量 m の小球を x 軸から角度 θ の方向に速さ v_0 で投げ出す(ただし $0^\circ < \theta < 90^\circ$)。原点 O から x 軸方向に d だけ離れた場所に鉛直の壁面があるとき、小球の鉛直面および水平面との衝突について考える。小球の運動は全て $x-y$ 面に限るとし、鉛直面と水平面はいずれも滑らかであるため摩擦が生じないとする。小球と鉛直面および水平面との反発係数がいずれも e であり(ただし $0 < e < 1$)、重力加速度を g とするとき、以下の設問に答えよ。ただし空気抵抗は無視できるものとする。また必要に応じて、以下の公式

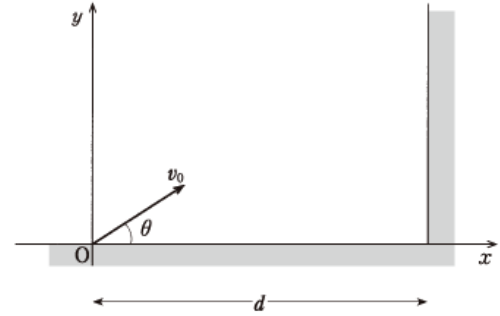


図1

$$\sum_{n=1}^{\infty} r^{n-1} = 1 + r + r^2 + \dots = \frac{1}{1-r} \quad (\text{ただし } |r| < 1 \text{ とする})$$

を用いても構わない。

問1 v_0 が十分に大きく、投げ上げられた小球が上昇から落下に転じるよりも先に鉛直面と点Aで衝突する場合について、以下の問いに答えよ。

- (1) 小球は鉛直面と点Aで衝突した後、水平面から鉛直上向きにもっとも離れた点Bに到達する。小球が投げ上げられてから点Bに到達するまでに要する時間を求めよ。
- (2) 上記の場合に、 v_0 が満たすべき条件を示せ。
- (3) 小球が点Aから点Bまで移動するために必要な時間を求めよ。
- (4) 点Bでの小球の水平面からの高さを求めよ。
- (5) 点Bの x 座標を求めよ。

問2 v_0 がある値よりも小さければ小球は鉛直面と衝突する前に水平面と複数回衝突する。このとき、以下の問いに答えよ。

- (1) 小球が鉛直面と衝突する前に少なくとも2回は水平面と衝突するために v_0 が満たすべき条件を示せ。
- (2) 前問の条件が満たされているとき、小球が2回目に水平面と衝突する直前と直後での力学的エネルギーについて考える。いま $0 < e < 1$ なので非弾性衝突を考えているため、衝突の前後で力学的エネルギーは保存しない。このとき、2回目の衝突に伴う力学的エネルギーの損失量を求めよ。
- (3) v_0 が十分に小さいとき、小球は水面上と何度も衝突を繰り返した後、鉛直面に衝突する前に跳ね返らなくなる。このとき、 v_0 が満たすべき条件を示せ。

2 比誘電率が1の空間中に、一辺の長さが L の正方形の極板をもつ電気容量 C の平行板コンデンサーがある。図1のように、比誘電率が ϵ で一辺の長さが L の正方形の断面を持ち、厚みが極板間隔と等しい誘電体を、このコンデンサーの極板間に挿入する場合について以下の問いに答えよ。

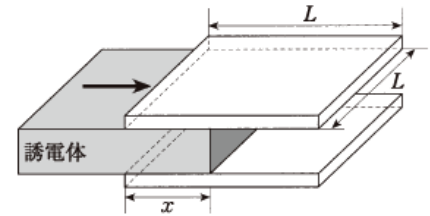


図1

問1 極板間の電位差を V に保ったまま、誘電体を挿入する場合について以下の問いに答えよ。

- (1) 誘電体を x だけ挿入したときのコンデンサーの電気容量はいくらか。
- (2) さらに誘電体を Δx だけ挿入したときの極板上の電荷の変化量はいくらか。
- (3) 前問の場合のコンデンサーの静電エネルギーの変化はいくらか。
- (4) この静電エネルギーの変化は、誘電体を挿入するためにした仕事のためであるとして、誘電体を Δx だけ挿入するのに外から加えた力の大きさと向きを答えよ。

問2 極板間の電位差が V になるように充電した後、充電に用いた電源を取り外した。この後、誘電体を挿入する場合について以下の問いに答えよ。

- (1) 誘電体を x だけ挿入したときの極板間の電位差はいくらか。
- (2) 前問の場合の静電エネルギーはいくらか。
- (3) 誘電体を x だけ挿入したときを考える。以下の2つの状態に対する静電エネルギーの差はそれぞれいくらか。
 - (ア) 挿入前($x=0$)
 - (イ) 完全に挿入した状態($x=L$)
- (4) 挿入時に、誘電体を受ける力の向きを答えよ。

3 以下の設問に答えよ。

問1 媒質の振動が伝わる波について考える。以下の ~ に入る適切な語句を下の(a)~(m)からそれぞれ1つ選び、記号で答えよ。また に入る数式、 に入る数値をそれぞれ答えよ。

振動が伝わる方向と振動の方向が な波を縦波、伝わる方向と振動の方向が な波を横波と呼ぶ。 では圧縮された密度の高い部分と、膨張した密度の低い部分が波の伝わる方向に交互に並んでいる。固体中では縦波、横波の両方が存在するが、一般に縦波の方が横波より速度が速い。

ここで地震について考える。地震波は地球を伝わる波であり、縦波と横波からなる。地球を一様な固体とし、地震波の縦波の速度を V_L 、横波の速度を V_T とし、 $V_L > V_T$ であるとする。ただし、観測点から震源までの距離が 300 km 以内で、震源の深さが無視できるものとする。観測点において最初に東西の揺れが観測され始めた。その後、最初に揺れが観測されてから t 秒後に南北と上下の揺れが観測され始めた。観測点から見たこの地震の震源の方向は か のいずれかである。また震源までの距離 l は V_L 、 V_T および t を用いて $l = \text{$ で表される。 $V_L = 6 \text{ km/s}$ 、 $V_T = 3 \text{ km/s}$ 、 $t = 20 \text{ s}$ であった場合 l は km である。

- (a) 東 (b) 西 (c) 南 (d) 北 (e) 北東 (f) 北西 (g) 南東 (h) 南西
 (i) 縦波 (j) 横波 (k) 平行 (l) 垂直 (m) 無関係

問2 図1に示すように、長い直線のレールがあり、その上に台車がある。レール上には点Oと点Aがあり、その間の距離を L とする。点Oに台車Cがあり、その上に振動数 f_0 で音を発生できる装置が乗っている。点Aは点Oから十分に離れており、台車は点Aの左側にあり続ける。時刻 $t = 0$ に音源装置を起動し、以後音を出し続ける。音速を V_0 とし、以下の問いに答えよ。

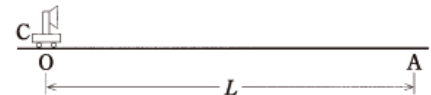
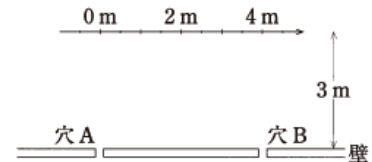


図1

- (1) 点Aで音が聞こえ始めた時刻 t_1 と OA 間にある音の波の数 n を求めよ。
 (2) 時刻 $t = t_2$ ($t_2 > t_1$) に台車Cは、点Aに向かって速度 V ($V < V_0$) で動き始めた。この音源の動きによって、点Aで時刻 $t = t_3$ 以後ドップラー効果が確認された。点Aにいる人に聞こえる音の振動数の変化について、正しい記述を次の4つのうちから1つ選べ。
 1. 時刻 $t = t_2$ から音の振動数は f_0 から少しずつ大きくなり、時刻 $t = t_3$ 以後 f_D の一定値になる。
 2. 時刻 $t = t_2$ から t_3 までは音の振動数は変化せず、時刻 $t = t_3$ に f_0 から f_D に変化する。
 3. 時刻 $t = t_2$ から t_3 までは音の振動数は不安定で、時刻 $t = t_3$ 以後 f_D に落ち着く。
 4. 時刻 $t = t_2$ に f_0 から f_D に変化する。

(3) 前問の t_3 と f_D を求めよ。

問3 $2\pi\phi$ を位相とする音波を考える。図2に示すように、音を通さない壁に二つの穴 A, B が間隔 4 m で空いている。壁の厚さと穴の大きさは無視できる。図2のように振動数 170 Hz の十分に小さな音源があり、音源から穴への距離は B の方が A より 1 m 短い。音速を 340 m/s とし、以下の問いに答えよ。



\square 170 Hz

図2

- (1) 音波の波長 λ を求めよ。
 (2) 時刻 $t = 0$ に穴Aでの ϕ は 0 であった。同時刻において穴Bでの ϕ の値を求めよ。
 (3) 図2のように、壁から 3 m 離れ、壁に平行な線がある。ただし、音源、穴 A, B および平行線は同一平面上にあるとする。穴Aの正面を $x = 0 \text{ m}$ 、穴 B の正面を $x = 4 \text{ m}$ とする。平行線上の、 $x = 0 \text{ m}$ の地点で、穴Aからの音波の位相が 0 であった。そのとき、穴Bからの音波の位相 $2\pi\phi_B$ の値を答えよ。

4 以下の文章を読んで次の(1)~(6)に答えよ。

単原子分子理想気体 1 モルよりなる系が圧力 P_1 、体積 V_1 、温度 T_1 の状態にある (状態 1)。この系に対して、準静的に次の操作(i)~(iv)を順に行った。気体定数を R とし、また、気体が外部に対して仕事をを行った場合を正とする。

(i) 一定温度のもとで、体積を e 倍にした (状態 2)。なお、 e は 1 より大きい定数で、状態 1 から状態 2 へと変化させるのに要する熱量 Q は、 $Q=RT_1$ であった。

(ii) 断熱的に体積を状態 2 の体積の 8 分の 1 倍にして、 $\left(\frac{e}{8}\right)V_1$ とした (状態 3)。断熱的に体積を変化させる際には、圧力 P と体積 V との間に、 $PV^\gamma = \text{一定}$ の関係がある。ここで、 $\gamma = \frac{5}{3}$ である。

(iii) 体積を変えずに状態 1 の圧力 P_1 へと変化させた (状態 4)。

(iv) 状態 4 から状態 1 へ、圧力一定で体積変化させた。

(1) 状態 1 から状態 2 にするために必要な仕事 $W_{1 \rightarrow 2}$ を、 P_1 と V_1 を用いて表せ。

(2) 状態 3 の圧力 P_3 を圧力 P_1 を用いて表せ。

(3) 状態 3 の温度 T_3 を、 T_1 を用いて表せ。

(4) 操作(ii)による内部エネルギー変化 $\Delta U_{2 \rightarrow 3}$ を、 T_1 と R を用いて表せ。

(5) 操作(iii)において気体がなす仕事 $W_{3 \rightarrow 4}$ を、以下の(a)~(g)から 1 つ選びその記号を記せ。

(a) $\frac{(32-e)}{8}P_1V_1$ (b) $-\frac{(32-e)}{8}P_1V_1$ (c) 0 (d) $\frac{3}{16}(32-e)P_1V_1$ (e) $-\frac{3}{16}(32-e)P_1V_1$

(f) P_1V_1 (g) $-P_1V_1$

(6) 操作(iii)ならびに操作(iv)によって、状態 3 から状態 4 を経て状態 1 へ変化した際の内部エネルギー変化の和 $\Delta U_{3 \rightarrow 4} + \Delta U_{4 \rightarrow 1}$ を T_1 と R を用いて表せ。