

(前期日程)

平成28年度 理科 物理基礎・物理(物理) 化学基礎・化学(化学)

科目の選択方法

教育学部の受験者

届け出た1科目を解答すること。

理学部の受験者

各受験コースで指定された科目を解答すること。

医学部の受験者

物理基礎・物理(物理)と、化学基礎・化学(化学)を解答すること。

工学部の受験者

機械工学科，電気電子工学科を受験する者は，物理基礎・物理(物理)を解答すること。

環境建設工学科，機能材料工学科，応用化学科，情報工学科を受験する者は，届け出た1科目を解答すること。

農学部の受験者

届け出た1科目を解答すること。

注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで，この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 出題科目およびページは，下表のとおりです。

出題科目	ページ
物理基礎・物理(物理)	1～11
化学基礎・化学(化学)	12～21

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 解答は，すべて解答用紙の指定のところに記入しなさい。

物理基礎・物理（物理）

教育学部，理学部，工学部および農学部受験者は，**1**～**4**を解答すること。

医学部の受験者は，**1**，**4**を解答すること。

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

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

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、小球は水平面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。

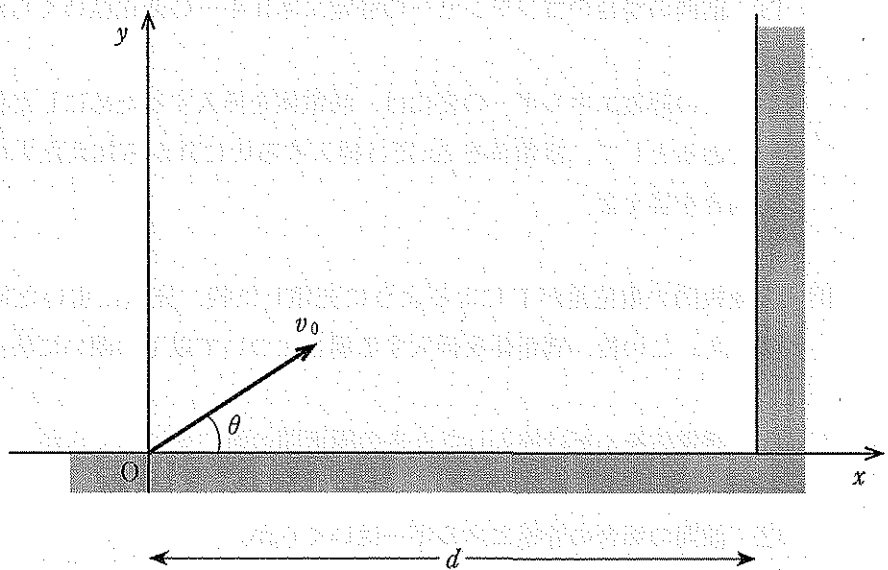


図 1

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。

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、誘電体が受ける力の向きを答えよ。

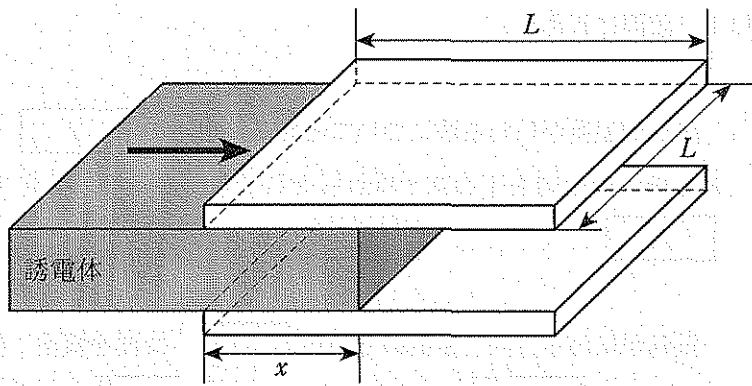


図 1

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 $l =$ 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。

(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の確認された。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。

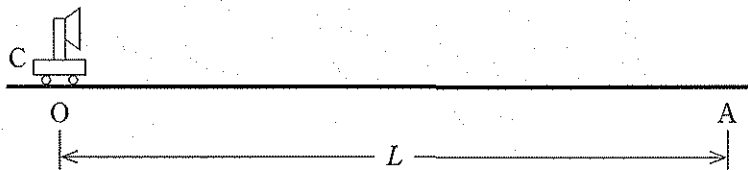


図 1

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とする。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 A までの距離は 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。

(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 $x = 0$ m, 穴 B の正面を $x = 4$ m とする。平行線上の、 $x = 0$ 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。

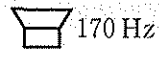
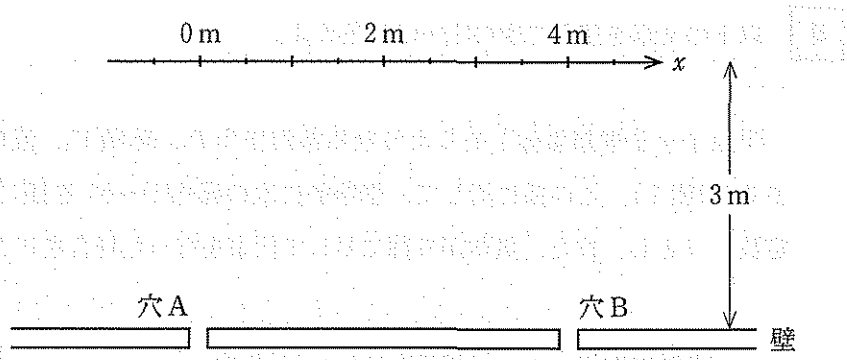


图 2

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、 $(e/8)V_1$ 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、 $\gamma = 5/3$ 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) $\frac{(32-e)}{8} P_1 V_1$ (b) $-\frac{(32-e)}{8} P_1 V_1$ (c) 0

(d) $\frac{3}{16} (32-e) P_1 V_1$ (e) $-\frac{3}{16} (32-e) P_1 V_1$ (f) $P_1 V_1$

(g) $-P_1 V_1$

(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。