

情報科学部A方式I日程・デザイン工学部A方式I日程
 理工学部A方式I日程・生命科学部A方式I日程

3 限 理 科 (75分)

科 目	ページ
物 理	2～9
化 学	10～18
生 物	20～37

〈注意事項〉

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。
2. 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
3. 志望学部・学科によって選択できる科目が決まっているので注意すること。

志望学部(学科)	受験科目
情報科学部(デジタルメディア)	物理
デザイン工学部(都市環境デザイン工・システムデザイン)	物理または化学
理工学部(機械工〔機械工学専修〕・応用情報工)	
生命科学部(生命機能)	物理, 化学または生物

4. 科目の選択は、受験しようとする科目の解答用紙を選択した時点で決定となる。
一度選択した科目の変更は一切認めない。
5. 問題冊子のページを切り離さないこと。

(物 理)

注意 解答はすべて解答用紙の指定された解答欄に記入すること。

解答用紙の余白は計算に使用してもよいが、採点の対象とはしない。

すべての問題について、必要な場合は重力加速度の大きさを g 、円周率を π とする。

〔 I 〕 以下の問いに答えよ。ただし、運動は同一の鉛直平面内で起こり、空気抵抗は無視できる。図 1 - 1 のような、水平面(点 P_0 から点 P)と半径 r の円弧状の面(点 P から点 Q)とが滑らかにつながったジャンプ台があり、床に固定されている。水平面と円弧状の面は滑らかである。ジャンプ台の壁には、ばね定数 k の軽いばねが固定され、ばねの先端には質量 $2m$ の小球 A が固定されている。ばねに沿って右側を正とする x 軸をとり、ばねが自然長のときの小球 A の位置を $x = 0$ とする。

いま、質量 m の小球 B で小球 A をゆっくり押し動かし、ばねが自然長から d だけ縮んだところで、静かに小球 B を放した。小球 B は、その後しばらくして小球 A から離れ、点 P を通過して点 Q からジャンプ台を飛び出した。点 P_0 から点 P までの距離はじゅうぶんに大きく、ばねの運動はその間で起きるとする。

- (1) ばねが自然長のときから B を放す直前までに、蓄えられたばねの弾性エネルギーを求めよ。
- (2) B が A から離れる瞬間の、 A の x 軸方向の位置を求めよ。
- (3) B が A から離れる瞬間の、 B の速さを求めよ。
- (4) B が A から離れた後、ばねに固定されている A が到達できる最大の位置が $x = d_1$ であった。 d_1 と d との大きさの比 $\left| \frac{d_1}{d} \right|$ を数値で答えよ。
- (5) B が点 P を通過する直前に台から受ける垂直抗力の大きさを求めよ。
- (6) B が点 P を通過した直後に台から受ける垂直抗力の大きさを求めよ。
- (7) 点 Q から飛び出す瞬間の B の速さ v_1 を求めよ。

物理

〔Ⅱ〕 図2のように、正の電気量 Q を持つ2つの点電荷が Z 軸上の点 $(0, 0, d)$ と点 $(0, 0, -d)$ に固定されている。クーロンの法則の比例定数を k_0 とし、以下の問いに答えよ。

- (1) 点 $(d, 0, 0)$ における電場の強さを求めよ。
- (2) 無限遠を基準として、点 $(d, 0, 0)$ における電位を求めよ。

ここで、 XY 平面上のみを自由に動くことのできる質量 m 、電気量 $-Q$ の小球 A の運動を考える。ただし、重力の影響、および A 自身の運動による誘導起電力の影響は無視できるものとする。

- (3) A を原点 O に静止させたあと、点 $(d, 0, 0)$ まで静かに移動させた。 A を原点 O から点 $(d, 0, 0)$ まで運ぶときに必要な仕事の大きさを求めよ。
- (4) A を点 $(d, 0, 0)$ に置き、 X 軸の正の方向に速さ v_0 を与えたとき、 A が無限遠に到達するために必要な最小の v_0 を求めよ。
- (5) A を X 軸上の原点 O から距離 x だけ離れた位置に置く。 x が d に比べて非常に小さく $\left(\frac{x}{d}\right)^2$ を 1 に比べて無視できるとき、 A にはたらく静電気力の大きさを求めよ。
- (6) A を X 軸上の原点 O から距離 x だけ離れた位置に置き静かにはなすと、 A は前問で求めた静電気力により原点を中心として X 軸上で単振動をした。この単振動の周期を求めよ。
- (7) A を X 軸上の原点 O から距離 r だけ離れた位置に置き、 Y 軸に沿う方向に速さ v_1 を与えると A は原点を中心として半径 r の円運動をした。このときの速さ v_1 を求めよ。ただし、 r は d に比べて非常に小さく $\left(\frac{r}{d}\right)^2$ を 1 に比べて無視できるとする。

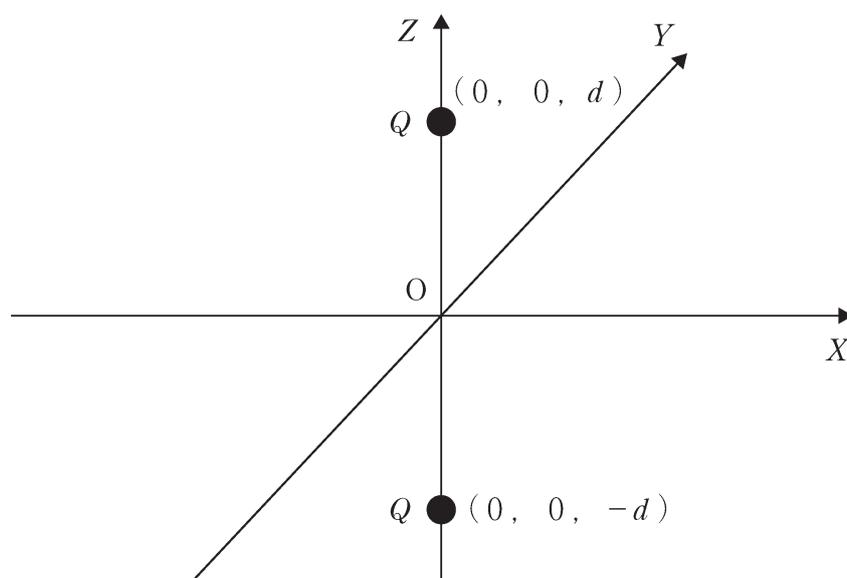


图 2

物理

〔Ⅲ〕 断面積 S のピストンを備えたシリンダー内に、1モルの単原子分子理想気体が入っている。ピストンは滑らかに動き、ピストンの厚さおよび質量は無視できるものとする。また、シリンダー外部の大気圧は P_0 であり、シリンダー内の温度は大きさの無視できる加熱冷却装置によって調整できる。気体定数を R とするとき、以下の問いに答えよ。ただし、シリンダーおよびピストンは断熱材でできているものとする。

加熱冷却装置を使用していない状態で図3-1のように、ピストンの上面に高さが a になるように密度 d の蒸発しない液体を注いだ。

- (1) ピストンがシリンダーの底面から高さ b の位置で静止したとき、理想気体の圧力 P_1 を a , d , g , P_0 を用いて表せ。
- (2) (1)の状態のときの理想気体の温度 T_1 を b , P_1 , R , S を用いて表せ。

その後、(1)の状態から加熱冷却装置でゆっくりと加熱したとき、ピストンは(1)の位置より $\frac{1}{2}b$ 上昇し、理想気体の圧力は P_0 、温度は T_2 になった。ただし、液体はシリンダーからこぼれないものとする。

- (3) このとき、 T_2 は T_1 の何倍であるかを P_0 , P_1 を用いて表せ。
- (4) ピストンが上昇している間の、理想気体の内部エネルギーの変化量 ΔU を R , T_1 , T_2 を用いて表せ。

※(3)および(4)については、問題のリード文にある「 P_0 」が物理的に実現することのできない条件となっていたため、全員正解として扱う措置が取られたことが大学から公表されている。

つぎに、加熱冷却装置を使用していない状態で、図3-2のようにピストンの上に密度 d の蒸発しない液体を高さ $3h$ のシリンダーいっぱいになるまで注いだところ、ピストンはシリンダーの底面から高さ h の位置で静止した。ただし、シリンダー外部の大気圧 P_0 は $P_0 = dgh$ とする。

- (5) このときの理想気体の圧力 P_2 を P_0 を用いて表せ。

その後、(5)の状態から加熱冷却装置を使うと、ピストンはゆっくりと上昇し、液体はシリンダーからこぼれおち、ピストンの高さが $3h$ になると、液体はすべてなくなり、ピストンは静止した。

(6) ピストンが動き始めてから、ピストンの高さが $3h$ になるまでに理想気体がした仕事 W を h , P_0 , S を用いて表せ。

(7) ピストンが動き始めてから、ピストンの高さが $3h$ になるまでの間の、理想気体の内部エネルギーの変化量 ΔU の最大値を h , P_0 , S を用いて表せ。

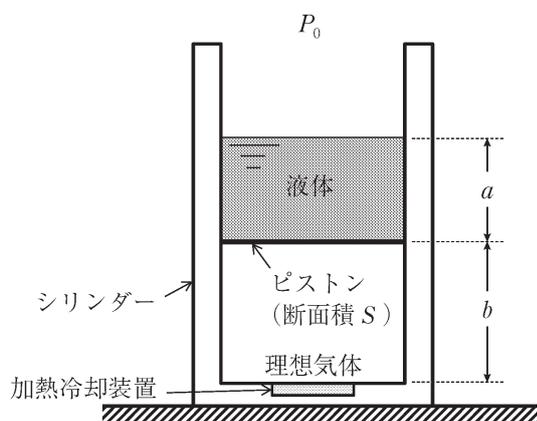


図 3 - 1

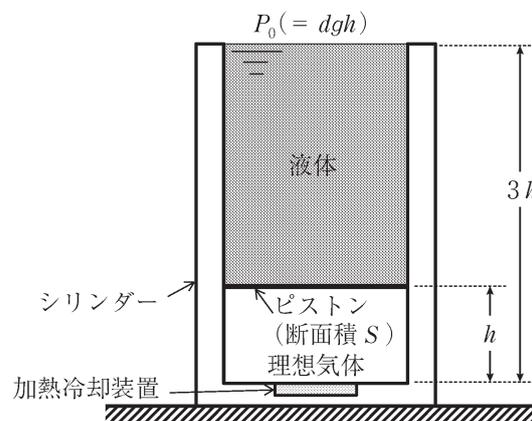


図 3 - 2

物理

〔Ⅳ〕 空気中の音波の速さ V [m/s] は振動数や波長に関係なく、温度 t [°C] のとき、次の式で表される。

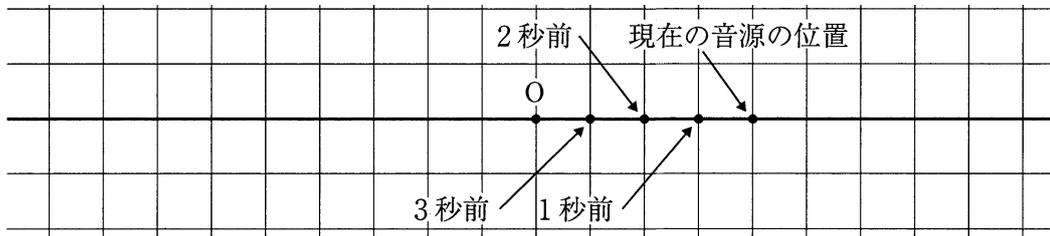
$$V = 331 + 0.6t$$

以下の問いに答えよ。なお(2)から(7)の問いには有効数字2桁で答えよ。

空气中を、図4に示す直線上を速さ 170 m/s で移動する音源がある。進行方向に点 P、それとは逆の方向に点 Q がある。音源が点 O にあったときに発生した音波は 4 秒かかって点 P および点 Q に進んだ。音源の振動数は 140 Hz であり、気温は 15 °C で無風状態であった。

- (1) 点 P および点 Q の位置を解答欄の直線上に記入せよ。また現在から 1 秒前、2 秒前、3 秒前に、音源から発生した球面状に進む音波について、現在の波面の概形(解答欄の範囲内のみ)を描け。

〔解答欄〕



- (2) 現在の音源の位置から点 P までの距離を求めよ。
 (3) 現在の音源の位置から点 P の間に存在する波の数を求めよ。
 (4) 音源から点 P へ向かう音波の波長を求めよ。
 (5) 点 P の位置で聞こえる音波の振動数を求めよ。
 (6) 点 Q の位置で聞こえる音波の振動数を求めよ。
 (7) 風が吹いている中で音源が一定の速さで移動しているとき、音の伝わる速さは無風のときの音の伝わる速さに風の速さが加わったものとなる。一様な風が点 Q から点 P へ向かう方向に吹いているとき、点 P にいる観測者が聞いた音波の振動数は 276 Hz であった。風の速さを求めよ。

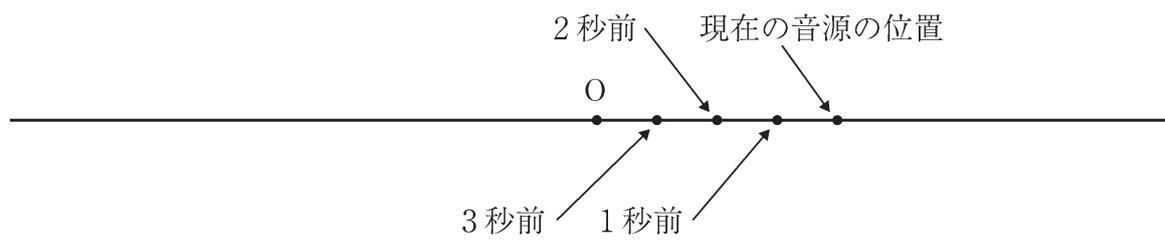


図4