

# 香川大学

平成19年度

## 問題冊子

教 科	科 目	ページ数
理 科	物 理	9

監督者の「始め」という指示があるまで、問題冊子を開かないこと。

### 解答の書き方

1. 解答は、すべて別紙解答用紙の所定欄に、はっきりと記入すること。
2. 解答を訂正する場合は、きれいに消してから記入すること。
3. 解答用紙には、解答と選択した選択問題の番号、志望学部及び受験番号のほかは  
いっさい記入しないこと。
4. 問題〔IV〕，〔V〕は選択問題である。どちらか一方のみを解答すること。  
両方を解答してはいけない。選択問題〔IV〕，〔V〕のうち、選択した問題の番号  
を解答用紙2ページ目の所定の枠内に記入すること。

### 注 意 事 項

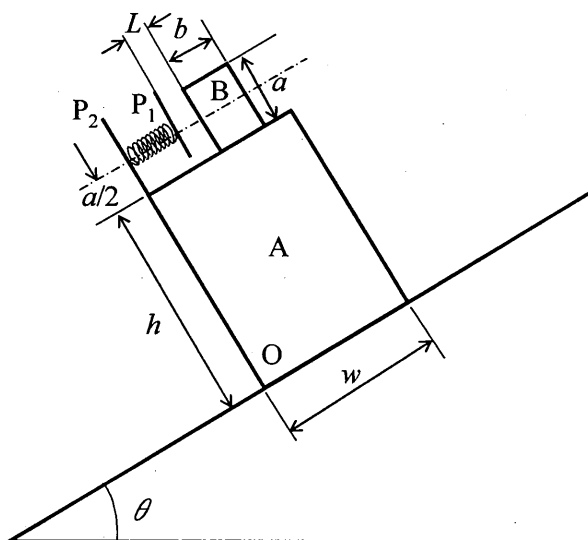
1. 監督者の「始め」の指示の後、解答用紙に志望学部及び受験番号を必ず書くこと。
2. 選択科目は、願書に記載したものと違ったものについて答えてはいけない。
3. 下書き用紙は、片面だけ使用すること。
4. 問題の内容についての質問には、いっさい応じないが、その他の用事があるときは、  
だまって手をあげて、監督者の指示を受けること。
5. 試験終了時には、解答用紙を机上の右側に置くこと。
6. 試験終了後、問題冊子及び下書き用紙は持ち帰ること。

〔 I 〕 図のように、水平面と角  $\theta$  の傾きをなす斜面上に、質量  $M$  で高さ  $h$ 、幅  $w$  の直方体の物体 A が置かれている。その物体 A の上に、質量  $m$  で高さ  $a$ 、幅  $b$  の直方体の物体 B が置かれている。ここで、質量の無視できるばね定数  $k$ 、自然長  $l_0$  のばねがあり、その右端に板  $P_1$ 、左端に板  $P_2$  が取り付けられている。板  $P_1$  はばねとともに動くが、板  $P_2$  は物体 A の左端に固定されている。ばねの取り付けられている位置は物体 B の半分の高さである。なお、板  $P_1$  と板  $P_2$  の重さと厚みは無視できる。物体 A と物体 B の密度は一樣とする。また、簡単のため奥行き方向（紙面に対して垂直な方向）の厚さの影響はないものとして平面的に考えよ。

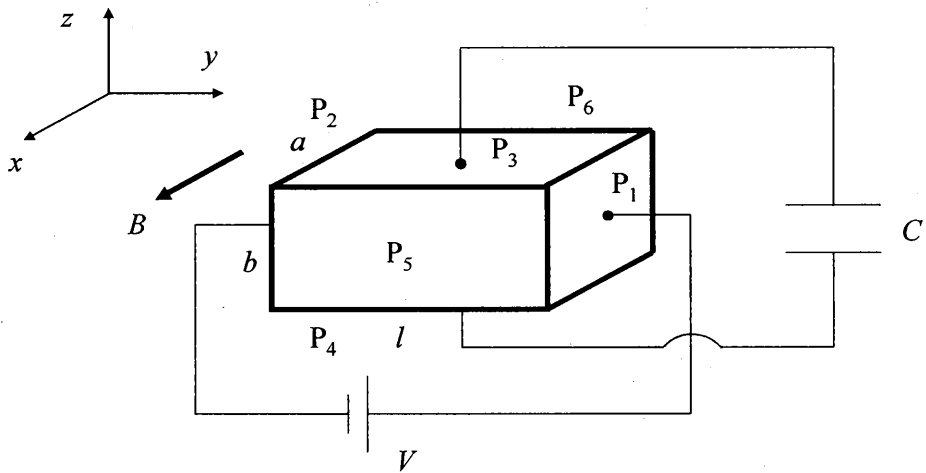
物体 A と斜面の間の摩擦は十分大きく、物体 A は滑らないが、物体 A 上を物体 B はなめらかに移動する。板  $P_1$  から斜面に沿って距離  $L$  だけ離れた位置に物体 B を静かに置いたのち手を離すと、物体 A 上を物体 B は滑り落ち、物体 B は板  $P_1$  に衝突する。その後、物体 B と板  $P_1$  は一体となればねを縮ませる。板  $P_2$  を押す力が大きくなると、物体 A の左下角の点 O を中心に反時計回りに回転して転倒する可能性がある。なお、重力加速度の大きさを  $g$  として、以下の問いに答えよ。ただし、板  $P_2$  は変形しないものとする。

- (1) 物体 B に手をそえて静かにばねを縮ませたとき、自然長  $l_0$  から  $l$  だけ縮んだところで手を離すと、物体 B はつりあいの状態にあった。ばね定数  $k$  を  $l$  を用いて表せ。
- (2) 次に、板  $P_1$  から斜面に沿って距離  $4l$  だけ離れた位置 ( $L = 4l$ ) に物体 B を静かに置いたのち手を離した場合の、板  $P_1$  に衝突する直前の物体 B の速さを求めよ。

- (3) (2)で求めた速さで板  $P_1$  に物体 B が衝突した後、ばねが斜面に沿って縮む最大の長さを求めよ。なお、縮みが最大になるまで、物体 A は回転しないものとする。
- (4) (3)で求めた長さまでばねが縮んだ状態で、物体 A が点 O を中心に反時計回りに回転して転倒する条件について考える。ただし、力のモーメントの符号は、回転の向きが反時計回りのときを正とする。
- (7) 点 O を中心とした反時計回りの力のモーメント  $M_L$  を式で表せ。
- (i) 点 O を中心とした時計回りの力のモーメント  $M_R$  を式で表せ。
- (v) 転倒する場合の、2つの力のモーメント  $M_L$  と  $M_R$  の間に成立する条件を示せ。



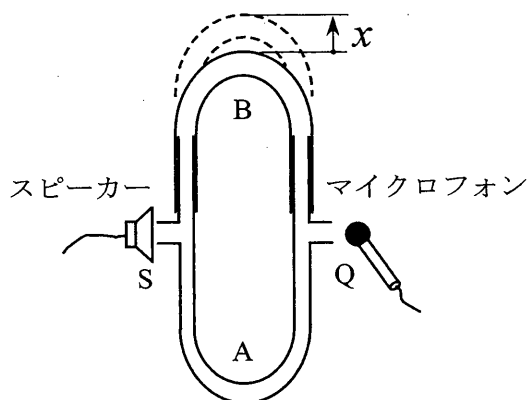
〔Ⅱ〕 図のように、3辺の長さがそれぞれ  $a, b, l$  の直方体の導体がある。  
 $P_1 \sim P_6$  は、直方体の6つの面を表している。向き合った面  $P_1$  と  $P_2$   
は、導線で起電力  $V$  の電池につながれ、上面  $P_3$  と下面  $P_4$  の間には  
電気容量  $C$  のコンデンサーがつながれている。ただし、電池の内部  
抵抗は無視する。直方体の辺に沿って、 $x, y, z$  軸を図のようにとる  
こととする。また、導体には  $x$  軸の正の向きに一樣な磁束密度  $B$  の  
磁場が加えられている。電子の電荷を  $-e$  として、以下の問いに答  
えよ。向きについての問いには、「 $x$  軸の正の向き」あるいは「 $y$  軸  
の負の向き」のように、軸の名称と正負を記述せよ。



- (1) 導体中の  $y$  軸方向の電場の向きと大きさ  $E$  を求めよ。
- (2) 導体中の  $y$  軸に沿った方向の電子の平均の速さを  $v$  とするとき、  
電子が磁場から受けるローレンツ力の向きと大きさ  $F$  を求めよ。
- (3) コンデンサーの上側の極板にたまる電荷の正負を答えよ。

- (4) 導体の上面  $P_3$  と下面  $P_4$  の間に生じる電位差を  $V_z$  とすると、これらの面間に生じる電場が電子に作用する力の大きさ  $f$  を求めよ。
- (5) これらのことから、導体中の電子の平均の速さ  $v$  を  $B$ ,  $V_z$  を含む式で表せ。
- (6) 磁場の向きが  $x$  軸の向きから少し傾いたため、手前の面  $P_5$  が向こう側の面  $P_6$  より電位が高くなった。磁場は  $x$  軸の正の向きから、どちら向きに傾いたか。以下の (ア)~(イ) のうち正しいものを記号で答えよ。
- (ア)  $y$  軸正の向き (イ)  $y$  軸負の向き (ウ)  $z$  軸正の向き (エ)  $z$  軸負の向き
- (7) 磁場の向きをもとにもどした後、磁束密度  $B$  を強くすると、コンデンサーに蓄えられる電荷は、増加するか、減少するか。
- (8) 磁束密度  $B$  の増加にともない、コンデンサーに蓄えられる静電エネルギー  $W$  は、どのように変化するか。その関係を表すグラフを模式的に描け。

〔Ⅲ〕 図のような，入口 S から入った音が，2種類の管 A，管 B を別々に伝わった後，出口 Q から出力される配管を持つ装置について考える。管 B の経路の長さ（経路長）は管 B の出し入れで変化できる。最も奥に入れた状態から，管 B が引き出された長さを  $x$  とする。ただし， $x=0$  では，管 A と管 B の経路長は等しい。この管の入口 S に発振器と接続されたスピーカーを置き，周波数  $f$  の音を管に入力する。出口 Q に出て来た音の強弱をマイクロフォンで観測する。なお，管内は一様な温度  $T_0$  の空気で満たされているとして，以下の問いに答えよ。

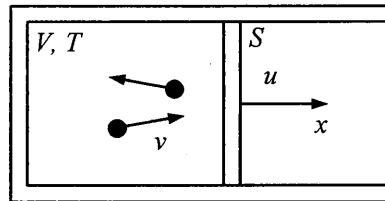


- (1)  $x=0$ での音の大きさを1とする。 $x$ を増加させるにしたがって，いったん音が聞こえなくなり，その後，音の大きさは1にもどった。さらに  $x$ を増加させていくと，そのくり返しが周期的に観測された。この現象は何と呼ばれるか。
- (2)  $x=0$ から  $x$ を増加させ，最初に音が聞こえなくなったときは  $x=a$ であった。さらに  $x$ を増加させたとき，次に音が聞こえなくなるのはどこか。

- (3) (2)のとき、音の波長と速さを求めよ。
- (4) 発振器の周波数を  $3f$  とする。  $x=0$  から  $x$  を増加させたとき、最初に音が聞こえなくなる  $x$  の値を求めよ。また、  $x=a$  で音は聞こえるか否か答えよ。
- (5) 発振器の周波数を  $f$  に戻した後、管内の空気を暖め、一様な温度  $T_1$  ( $T_1 > T_0$ ) となったとする。この状態で、  $x=0$  から  $x$  を増加させたとき、最初に音が聞こえなくなるのは、(2)の場合 ( $x=a$ ) に比べてどのように変化するか、理由とともに述べよ。ただし、温度の変化による配管形状の変化はないものとする。
- (6) 次に管内の空気が一様な温度  $T_1$  となっている状態で、発振器の周波数を  $740 \text{ Hz}$  とした。このとき、最初に音が聞こえなくなるのは  $x=130 \text{ mm}$  であった。音の波長と速さを計算せよ。

## [IV] 選択問題

図のように、断面積  $S$  のなめらかに動くピストンがついたシリンダーの中に、単原子分子（質量  $m$ ）からなる理想気体が入っている。気体の体積は  $V$ 、絶対温度は  $T$  であり、気体分子はピストンおよびシリンダーの壁と弾性衝突をしているとする。熱の出入りを断ち、分子の平均速度より十分遅い速度  $u$  で、ピストンを図の右方向（ $x$  軸方向）に移動させる。速度  $v$  の  $x$  軸方向成分  $v_x$  をもつ分子がピストンと衝突した。ボルツマン定数（気体定数をアボガドロ数で割ったもの）を  $k$  として、以下の問いに答えよ。



- (1) 衝突後の分子の速度の  $x$  軸方向成分を求めよ。

- (2) 衝突後の運動エネルギーの変化

を求めよ。ただし、 $u$  は  $v_x$  に比べて十分小さいので、 $u^2$  の項を無視せよ。

- (3) 単位時間あたりにその分子がピストンに衝突する回数を求めよ。ただし、ピストンの移動速度  $u$  を無視せよ。

- (4) (2) の答えを用いて、単位時間あたりの運動エネルギーの変化を求めよ。

- (5) ある時間が経過した後、体積が微量  $\Delta V$  増加した。分子 1 個あたりの平均した運動エネルギーの変化を  $k$ 、 $T$  を含む式で表せ。

- (6) (5) より、このときの理想気体の温度変化  $\Delta T$  はいくらか求めよ。

## [V] 選択問題

水素原子は、原子核のまわりを、電荷  $-e$  [C]、質量  $m$  [kg] の電子 1 個が、クーロン力  $k e^2 / r^2$  [N] ( $k$ :比例定数) を受けて、速さ  $v$  [m/s] で半径  $r$  [m] の等速円運動をしていると考えられる。この水素原子では、電子の波動性にもとづく物質波 (ド・ブローイ波) が、円周上で定常波をつくって安定化していると考えられ、原子のエネルギーはとびとびの値をとる。原子内の電子の状態とエネルギーについて、以下の問いに答えよ。ただし、プランク定数を  $h$  [J·s] とする。

- (1) 電子が水素原子核の回りを等速円運動しているときの円運動の方程式を表せ。
- (2) この電子の全エネルギー (運動エネルギーと位置エネルギーの和) を表せ。
- (3) この水素原子において、電子の波動性にもとづく物質波の波長を表せ。
- (4) 電子の物質波が定常波をつくる条件を、量子数  $n$  を用いて表せ。
- (5) 水素原子内の電子が  $n$  番目の定常状態にあるときの軌道半径  $r_n$  を、量子数  $n$  を用いて表せ。
- (6)  $n$  番目の定常状態の原子のエネルギー準位  $E_n$  を、量子数  $n$  を用いて表せ。
- (7) 水素原子において、基底状態から  $n = 4$  の励起状態まで電子が励起されたとき、観測しうる線スペクトルの輝線の総数は何本か。
- (8) 電子が  $n = 4$  の励起状態から  $n = 2$  の状態に遷移したときに放射される電磁波の波長を求めよ。ただし、光の速さを  $c$  [m/s] とする。