平 成 31 年 度（前期）

理　　科

2科目選択　時間　120分

問　題　物　理　ページ：1～2

化　学　ページ：3～4

生　物　ページ：5～7

解答用紙　物理，化学，生物　各1枚

注　意　1. この中には上記の物が入っている。試験開始後確認すること。

2. 3科目すべての解答用紙に受験番号を記入すること。

3. 出願のときの選択に従って2科目について解答すること。

4. 試験終了時に，3科目すべての解答用紙を回収する。

物　　理　（全２の１）

解答欄に［　　］がある所はその単位をSI国際単位系による簡潔な形で記入せよ。

1　なめらかな水平面上で２つの小球が原点Oにおいて衝突する現象を考える。小球Aは質量がmで，x軸上を負の方向から進んでくるとする。衝突後の小球の進む向きとx軸の正の向きのなす角をθとする。ここで角度θは図１－１に示すようにx軸の正の向きから反時計回りにとる（$0^\circ \leqq \theta < 360^\circ$）。また$\theta = 90^\circ$の方向を$y$軸の正の向きとする。図１－１において，小球の進む方向は模式的に表してある。２つの小球の運動に外力ははたらかないものとする。解答にはθを用いずに答えよ。

Ⅰ．小球Aの速さをvとする。質量$\frac{1}{2}m$の小球Bがy軸上を負の方向から速さ$\frac{2}{\sqrt{3}}v$で進んできて，２つの小球は完全弾性衝突をした。衝突によって小球Aは速さを変化させることなく向きを変え，$\theta = 60^\circ$の方向に進むようになった。

(1)　衝突前の運動エネルギーの合計はいくらか。

(2)　衝突後の小球Bの速さはいくらか。

(3)　衝突の際に，小球Aの受ける力積の方向を図１－２の方向(ア)から(タ)の中から選んで答えよ。

(4)　衝突後の２つの小球の運動量の総和の大きさはいくらか。

(5)　衝突後の２つの小球の運動量の総和の向きを図１－２の方向(ア)から(タ)の中から選んで答えよ。

(6)　衝突後に小球Bの進む向きを図１－２の方向(ア)から(タ)の中から選んで答えよ。

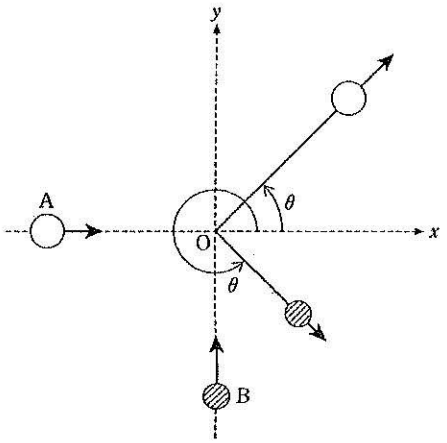

図１－１

Ⅱ．静止している質量kmの小球Cに小球Aをある速さで衝突をさせたところ，衝突は非弾性衝突となり，小球Aは$\sin\theta = -\frac{1}{\sqrt{5}}$，$\cos\theta = \frac{2}{\sqrt{5}}$の方向に，小球Cは速さ$v$で$\sin\theta = \frac{2}{\sqrt{5}}$，$\cos\theta = \frac{1}{\sqrt{5}}$の方向に進むようになった。ここで$k$は１より大きい定数である。

(7)　衝突後の小球Aの速度のy軸方向成分はいくらか。符号をつけて答えよ。

(8)　衝突前の小球Aの速さはいくらか。

(9)　この非弾性衝突で失われるエネルギーは$\frac{1}{2}mv^2$の何倍か。

(10)　小球Aと小球Cの衝突後の相対速度の大きさはいくらか。

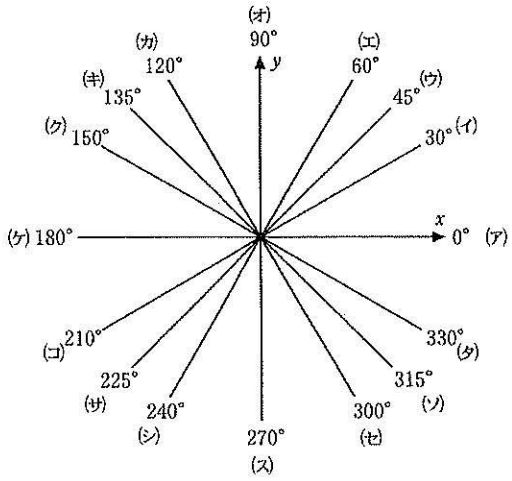

図１－２

2 図2のように，それぞれの容積が V，$3V$，V の3つの容器A，B，Cが，コックⅠ，Ⅱのついた容積の無視できる細い管で連結されている。容器は断熱材でできており外部との熱のやり取りはない。はじめ，コックⅠ，Ⅱは閉じられており，容器Aには物質量が1 molで温度が T，容器Cには物質量が n で温度が $2T$ の単原子分子理想気体が封入され，容器Bは真空に保たれている。ここで物理量はSI国際単位系で表現されている。気体定数を R として次の問いに答えよ。

(1) 容器A内の気体の内部エネルギーはいくらか。

コックⅠを開けて，時間が十分に経過した。

(2) 気体がした仕事はいくらか。

(3) 容器A内の気体の温度はいくらか。

(4) 容器A，B内の気体の物質量はそれぞれいくらか。

コックⅠを開けたままコックⅡを開けて，時間が十分に経過した。

(5) 容器A内の気体の物質量と圧力を求めよ。

(6) 容器Cにはじめに封入する物質量は任意に変更できるとする。物質量を変えたとき，混合後の気体がとる温度はある範囲内で変化する。混合後の気体のとりうる温度の最小値と最大値はいくらか。

(7) 容器内にはヒーターがあり気体を加熱することができる。混合後の気体の温度が $\frac{3}{2}T$ であったとき，これを加熱して気体の温度を $3T$ にするためにはどれだけの熱量を加えればよいか。n を用いずに答えよ。

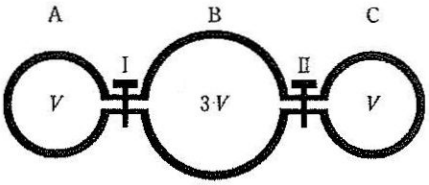

図2

3 図3－1のように，抵抗値 $\sqrt{2}\,\Omega$ の抵抗R，自己インダクタンス $\frac{\sqrt{2}}{100\pi}$ Hのコイル L，および電気容量 $\frac{1}{200\sqrt{2}\,\pi}$ Fのコンデンサー Cを直列につないだ回路を作り，そこに周波数50 Hz，電圧の実効値が100 Vの交流電源Aを接続する。ここで π は円周率である。電源の内部抵抗や配線の抵抗は無視できるものとする。答えには $\sqrt{2}$ や π を用いてよい。

(1) 抵抗，コイル，コンデンサーそれぞれにかかる交流電圧の位相は，交流電流の位相に対しどれだけ遅れているか。

(2) この回路のインピーダンスを求めよ。

(3) 流れる交流電流の実効値を求めよ。

(4) 回路全体に加わる交流電圧の位相は，交流電流の位相に対してどれだけ遅れているか。

(5) 図3－2は交流電圧の時間変化を示したものである。交流電流の時間変化を図示せよ。

(6) この回路の共振周波数を求めよ。

(7) 周波数が共振周波数である交流電源Bに電源をつなぎ替えた時の回路のインピーダンスを求めよ。

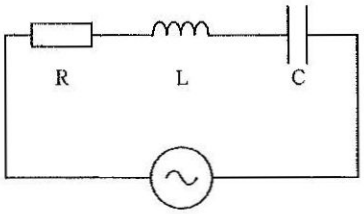

図3－1

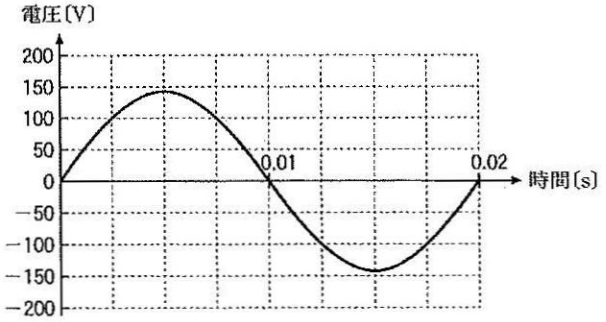

図3－2