

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 $\theta$ とする。ここで角度 $\theta$ 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( $0^\circ \leq \theta < 360^\circ$ )。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 $\theta$ 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 $\frac{2}{\sqrt{3}}v$ で進んで来て、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。

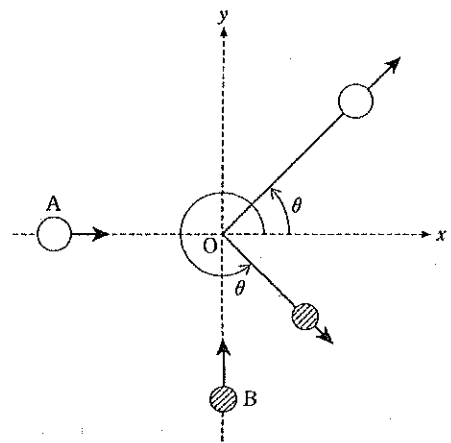


図1-1

- (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。

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。

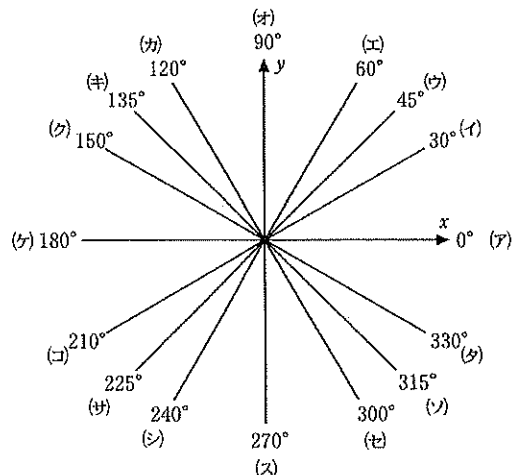


図1-2

物 理 (全2の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。

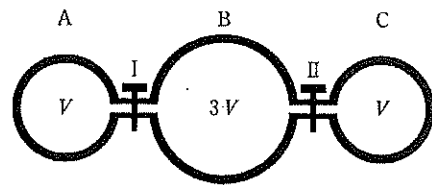


図2

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  $50\text{ Hz}$ 、電圧の実効値が  $100\text{ V}$  の交流電源  $A$  を接続する。ここで  $\pi$  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  $\pi$  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て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。

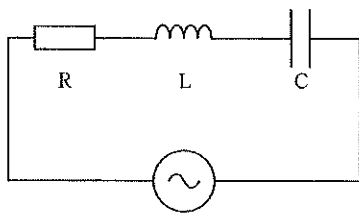


図3-1

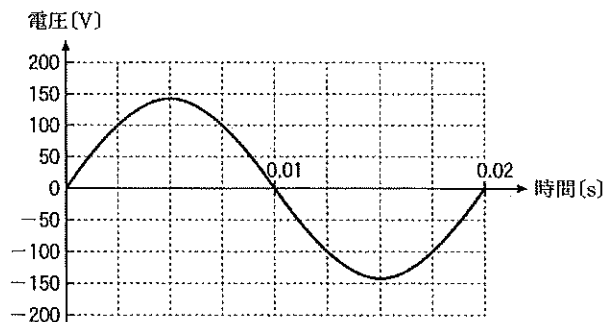


図3-2