

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($0^\circ \leq \theta < 360^\circ$)。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 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。

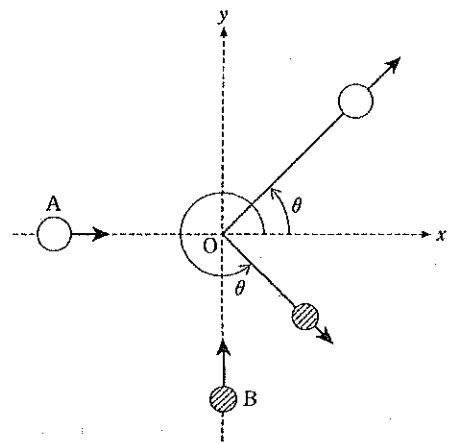


図1-1

- (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。

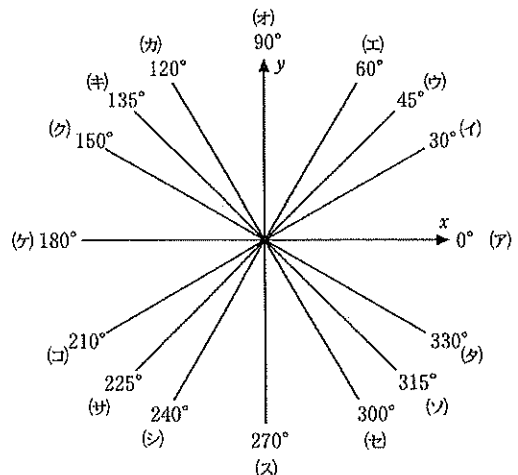


図1-2

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。

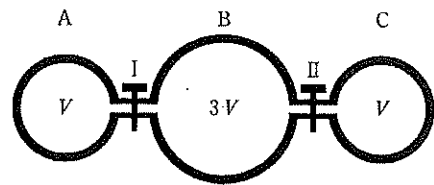


図2

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 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。

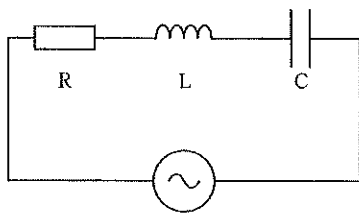


図3-1

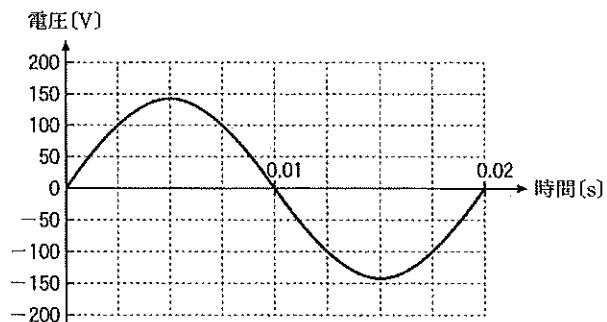


図3-2