

## 2014年度 岡山大学（物理学）

4題構成のため、全分野からまんべんなく出題される。苦手分野のないようにしたい。問題の難易度は標準的だが、時間に対して分量が多いので、スピードが要求される。標準～やや難程度の問題をたくさん解いて、オーソドックスな問題をすらすら解けるようにしておくといいたい。答えのみを記述する方式のため、計算ミスは許されない。単位チェックなどを日頃から行い、ケアレスミスを見つける訓練をしておこう。

解答方式	大問数	難易度	点数	時間
答えのみ	4	標準		60分

### ■設問分析

問題番号	領域	難易度	内容
1	力学	標準	円錐振り子、慣性力
2	電磁気	やや易	電磁誘導
3	熱力学	標準	気体の状態変化
4	波動	やや難	ドップラー効果

## 問題 1

オーソドックスな円錐振り子の実験をエレベータ内で行う、というものである。エレベータ内では慣性力が働くため、みかけの重力が  $g+\alpha$  になることを理解できていれば、問 3 まで解けた時点で、問 4 以降の答えは簡単に求めることができる。

### 問 1

床の上で円運動を行う。このときの向心力の源は、斜めについた糸の張力の水平成分である。円運動の方程式より、

$$F = \frac{mv^2}{L \sin \theta}$$

### 問 2

垂直方向は、糸の張力の垂直成分と床からの垂直抗力によってつりあっている。張力は問 1 の結果から求めることができる。

$$T = \frac{mv^2}{L \sin^2 \theta}$$
$$N = mg - T \cos \theta = m \left( g - \frac{v^2 \cos \theta}{L \sin^2 \theta} \right)$$

### 問 3

垂直抗力  $N$  が 0 になると床から離れる。

$$v_1 = \sin \theta \sqrt{\frac{gL}{\cos \theta}}$$

これを問 2 の  $T$  に代入して

$$T_1 = \frac{mg}{\cos \theta}$$

### 問 4

エレベータ内では慣性力が働くため、みかけの重力が  $g' = g + \alpha$  になる。これを問 2 の結果に代入して

$$N = m \left( g + \alpha - \frac{v^2 \cos \theta}{L \sin^2 \theta} \right)$$

### 問 5

$g' = g + \alpha$  を問 3 の結果に代入して

$$v_2 = \sin \theta \sqrt{\frac{(g + \alpha)L}{\cos \theta}}$$

### 問 6

$v_2 = n * v_1$  として解けばよい。

$$\alpha = (n^2 - 1)g$$

## 問題 2

問 1 は簡単なグラフの読み取り問題だが、磁束密度というイメージしづらい値が変化しているため、公式があやふやだと何をしたら良いか戸惑うかもしれない。問 3 以降は基本的な電磁誘導の問題である。

### 問 1 問 2

与えられたグラフから磁束密度  $B$  を読み取る。電磁誘導の 2 つの公式： $\phi = BS$ 、 $V = -\frac{d\phi}{dt}$  より

0 - 3s : -0.05 [V]

3 - 5s : 0 [V]

5 - 6s : 0.15 [V] (最大値)

6 - 10s : 0 [V]

(グラフは省略)

### 問 3

レンツの法則より、(ア)の向き

### 問 4

オームの法則より、0.015 [A]

### 問 5

誘導電流により生じた磁場が、磁石の運動を妨げるように働く

### 問題 3

中学校で習う比熱（1gを1度上げるのにどれだけ熱が必要か）は理解できるのに、モル比熱（1モルを1度上げるのにどれだけ熱が必要か）を理解できない受験生は多い。定積モル比熱、定圧モル比熱を使えば簡単に解ける問題は多いので、ぜひマスターしておきたい。

#### 問 1

状態方程式より

$$p_0 2V_0 = n_A RT_0$$
$$n_A = \frac{2p_0 V_0}{RT_0}$$

#### 問 2

定圧変化だから体積が2倍になると温度も2倍になる。

$$T_1 = 2T_0$$

#### 問 3

定圧変化だから定圧モル比熱を用いればよい。

$$Q_1 = n_A \frac{5}{2} R(T_1 - T_0) = 5p_0 V_0$$

#### 問 4

定積変化だから圧力が4倍になると温度も4倍になる。

$$T_2 = 4T_1 = 8T_0$$

#### 問 5

定積変化だから定積モル比熱を用いればよい。

$$Q_2 = n_A \frac{3}{2} R(T_2 - T_1) = 18p_0 V_0$$

#### 問 6

まずは状態0におけるBの物質量を求める。問1と同様にして

$$n_B = \frac{p_0 V_0}{RT_0}$$

断熱変化であるから混合の前後で内部エネルギーの和が等しい。

$$\frac{3}{2} n_A RT_2 + \frac{3}{2} n_B RT_0 = \frac{3}{2} (n_A + n_B) RT_3$$
$$T_3 = \frac{n_A T_2 + n_B T_0}{n_A + n_B} = \frac{17}{3} T_0$$

#### 問 7

状態方程式より

$$p_3 = \frac{(n_A + n_B) RT_3}{5V_0} = \frac{17}{5} p_0$$

## 問題 4

斜めドップラーの応用問題である。観測者に向かう速度成分によって聞く音が変わる、ということを理解しているかが問われている。

### 問 1

飛行機 の速度ベクトルの延長線上に観測者がいる場合、観測者からに近づく/遠ざかる速さが最大になる。このときの位置は、観測者から飛行機の描く円軌道へ引いた接線の接点となる。ドップラー効果の公式より、

$$f_H = \frac{v_s}{v_s - v_p} f$$

$$f_H = \frac{v_s}{v_s + v_p} f$$

### 問 2

飛行機 の速度ベクトルが観測者に向かう方向に成分を持たないとき、ドップラー効果は生じない。このときの位置は図中の水平軸が円と交わる 2 点である。観測者から近い側の点で発せられた音を聞く場合、遠い側の点で発せられた音を聞く場合がある。近い側で発せられた音は、観測者により早く到達することに注意する。

$$\frac{T}{2} + \frac{2l}{v_s}$$

$$\frac{T}{2} - \frac{2l}{v_s}$$

### 問 3

最も高い音  $f_H$  を聞くときの飛行機の位置は問 1 で求めた 1 点だが、振動数  $f$  の音を聞くときの点は問 2 で求めた 2 点がある。このため、時間間隔も 2 つある。

$$\frac{5}{6}T + \frac{(\sqrt{3}-1)l}{v_s}$$

$$\frac{1}{3}T + \frac{(\sqrt{3}-3)l}{v_s}$$

### 問 4

$f_L$  と  $f_H$  の比が 8 : 7 だから、これを問 1 の結果に当てはめて

$$v_p = \frac{v_s}{15} = 23[m/s]$$

問 2、問 3 と同様に  $f_L$  と  $f_H$  の音を聞く時間間隔を求めると  $1/3T$  であり、これが 4.0 s だから

$$T = 12 [s]$$

等速円運動の公式より

$$l = \frac{v_p T}{2\pi} = 44[m]$$