

# 2014年度 琉球大学 (物理学)

## 概要

### (試験概要)

解答方式	大問数	難易度	点数	時間
	3問	易しい		2科目 100分

### (設問別分析)

問題番号	領域	難易度	内容
1	小問集合	易しい	力学, 熱力学, 電磁気学
2	力学	易しい	運動方程式
3	電磁気学	易しい	直流回路, コンデンサ回路, 電流と磁場

**(傾向・対策)** 基本的な問題が多い。難問を解ききるような訓練は必要としないが、ただ単に問題演習をするだけでなく、物理法則や物理現象を理解しておく必要がある。例えば、本年度大問2などは、保存力の性質や摩擦力の性質に関して問われている。また、本年度大問3のように、多少計算力を必要とする問題も見受けられるので、普段から正確に問題を解ききる練習を積んでおきたい。

## 問題 1

問 1 (1) ロケットの進行方向を正の向きと定めると、噴射されたガスの速度  $U$  は、 $U = v - u$  となる。よって、運動量保存則より、

$$(m_1 + m_2)v_0 = m_1v + m_2(v - u)$$
$$\therefore v = v_0 + \frac{m_2}{m_1 + m_2}u$$

(2) 運動量保存則より、

$$m_1v = (m + M)V$$
$$\therefore V = \frac{m_1}{m_1 + M}v$$

(3) 力学的エネルギー保存則より、

$$\frac{1}{2}m_1v^2 - FL = \frac{m_1 + M}{2}V^2$$
$$\therefore F = \frac{1}{2L}\{m_1(v^2 - V^2) - MV^2\}$$

問 2 (1) 状態 B の温度を  $T_B$  とおくと、ボイル・シャルルの法則より、

$$\frac{P_A}{T} = \frac{2P_A}{T_B}$$
$$\therefore T_B = 2T$$

過程 AB は定積過程なので、この間に気体が行う仕事は  $w_{AB} = 0$ 。よって、熱力学の第一法則より、

$$Q_{AB} = \Delta U_{AB} = nC_v\Delta T = \frac{3}{2}nRT$$

(2) 状態 C での気体の温度を  $T_C$  とおくと、シャルルの法則より、

$$\frac{V_A}{T} = \frac{3V_A}{T_C}$$
$$\therefore T_C = 3T$$

よって、この過程における内部エネルギー変化は、

$$\Delta U_{AC} = 3nRT$$

(3) このサイクルで気体が行った仕事は、図の三角形 ABC の面積に等しい。よって、

$$W = nRT$$

問3 (1) 電磁誘導の法則より,

$$V_1 = \left| \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \right|$$

(2) 磁束の定義より,

$$\phi = \mu_0 H S = \frac{\mu_0 N I}{l} S$$

(3) 電磁誘導の法則より,

$$V_N = N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{\mu_0 N^2 S}{l} \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\mu_0 N^2 S}{l}$$

(4) 自己誘導起電力の定義

$$V = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

より,

$$L = \frac{\mu_0 N^2 S}{l}$$

## 問題2

問1 (1) 物体と板との間に摩擦力が働かない場合、物体と板には外力が働かないので、物体は等速直線運動を続け、板は静止し続ける。よって、ア。

(2) 物体と板との間に摩擦力が働く場合、物体は減速し、板は加速する。そして、最終的には等速度になる。よって、カ。

- 問2
- 板と物体の運動エネルギーの和に関して、重力は全く影響しない。よって、ア、イ、オは不適。
  - 物体と板の間に働く摩擦力は作用・反作用の法則を満たすので、ウは不適。
  - 摩擦力は保存力でない。よって、エは適当。
  - もし、摩擦力が物体にする仕事の大きさと、摩擦力が板にする仕事の大きさが等しければ、物体が減速した分、板が加速することになるので、運動エネルギーは保存する。よって、カは適当。
  - 摩擦熱という形でエネルギーが散逸するため、運動エネルギーは減少する。よって、キは適当。

問3 物体、板およびおもりを合わせて一つの系として見なすと、系には重力  $mg$  のみが外力として働いている。よって、運動方程式を立てると、

$$3m\alpha = mg$$

$$\therefore \alpha = \frac{1}{3}g$$

問4 物体と板の速度が等しくなったとき、物体および板には静止摩擦力が働いているが、静止摩擦力は仕事をしない。また、おもりに重力が働いているが、重力は保存力である。よって、(ア) が最適。

問5 (ウ)

### 問題3

問1 キルヒホッフの第二法則より,

$$\begin{aligned}E_1 &= I_1 R_1 + (I_1 + I_2) R_3 = I_2 R_3 \\E_2 &= I_2 R_2 + (I_1 + I_2) R_3 = (R_2 + R_3) I_2\end{aligned}$$

以上より,

$$E_2 = \frac{R_2 + R_3}{R_3} E_1$$

問2 (イ)

問3 初めの状態での回路の合成容量  $C_A$  は,

$$C_A = \frac{C_1(C_2 + C_3)}{C_1 + C_2 + C_3} = \frac{2}{3}C$$

よって, コンデンサに蓄えられる電荷量  $Q$  は,

$$Q = C_A E_2 = \frac{2}{3} C E_2$$

このとき, 回路のもつ静電エネルギー  $U_A$  は,

$$U_A = \frac{Q^2}{2C_A} = \frac{1}{3} C E_2^2$$

次に, スイッチ  $S_2$  を開き,  $C_1$  の極板間隔を広げた後の合成容量  $C_B$  は,

$$C_B = \frac{2}{5}C$$

この過程において, コンデンサに蓄えられている電荷量は変わらないので, この操作後の回路の静電エネルギー  $U_B$  は,

$$U_B = \frac{Q^2}{2C_B} = \frac{5}{9} C E_2^2$$

よって, コンデンサ  $C_1$  に加えられた仕事  $W$  は,

$$W = U_B - U_A = \frac{2}{9} C E_2^2$$

問4 単位体積辺りの自由電子数を  $N$  とおくと,

$$\begin{aligned}eNvS &= 2I \\ \therefore N &= \frac{2I}{evS}\end{aligned}$$

問5 導線2が導線1の位置につくる磁場の磁束密度の大きさ  $B_{12}$  は,

$$B_{12} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}$$

よって、導線2の自由電子が受けるローレンツ力の大きさの総和は,

$$F_{12} = 2IB_{21}l = \frac{\mu_0 I^2 l}{2\pi}$$

問6 導線2に流れる電流の方が導線1に流れる電流よりも大きい。よって、合成磁束密度がゼロとなる点は導線1の左側であると考えられる。その点の導線1からの距離を  $x_0$  とおくと,

$$\frac{2\mu_0 I}{2\pi(x_0 + 2)} = \frac{\mu_0 I}{2\pi x_0}$$
$$\therefore x_0 = 2$$

よって、合成磁束密度がゼロとなる点の座標は  $(-3, 0)$ 。

問7 導線2が導線1の場所につくる磁場の磁束密度の大きさ  $B_{21}$  は,

$$B_{21} = \frac{\mu_0 I}{2\pi}$$

よって、導線1がこの磁場から受ける力の大きさ  $F_{12}$  は,

$$F_{12} = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi}$$

また、導線1が外部磁場から受ける力の大きさ  $F_{1B}$  は,

$$F_{1B} = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi}$$

ゆえに、導線1が受ける力の大きさ  $F_1$  は,

$$F_1 = \frac{\mu_0 I^2}{\pi}$$

同様に考えると、導線2が受ける力の大きさ  $F_2$  は,

$$F_2 = \frac{3\mu_0 I^2}{2\pi}$$

よって、導線1が受ける力の大きさは、導線2が受ける力の大きさの  $3/2$  倍。