

平成27年度第2次募集  
新潟大学大学院自然科学研究科博士前期課程入学者選抜試験問題  
一般入試

環境科学専攻  
自然システム科学  
E1

専門科目（基礎自然科学）

注意事項

- 1 この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはならない。
- 2 問題冊子は、表紙を含めて全部で10ページある。
- 3 物理学 [1], 化学 [2], 生物学 [3], 地学 [4] の [1] ~ [4] から2問を選択し、解答すること。
- 4 解答は、解答用紙の「問題番号」記入欄に解答する問題番号を記入してから、その頁に記入すること。ただし、解答欄が足りない場合は、裏面を使用すること。
- 5 受験番号は、各解答用紙の指定された箇所に必ず記入すること。
- 6 解答時間は、120分である。
- 7 下書きは、問題冊子の余白を使用すること。

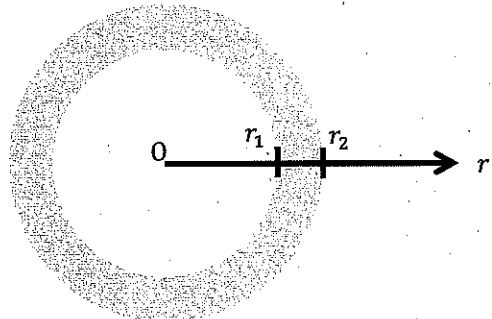
[ 1 ] 以下の問1～問2に答えよ。

問1 質量 $m$ 、体積 $V$ の球を水中において時刻 $t=0$ で静かに離す。球は、重力と浮力に加え、速度に比例する抵抗を受けて運動する。ここで、重力加速度を $g$ 、水の密度を $\rho$ 、抵抗の比例定数を $k$ とする ( $k > 0$ )。

- (1) この物体の運動について、運動方程式を立てよ。
- (2) この物体の終端速度を求めよ。
- (3) この物体が距離 $L$ だけ移動するのにかかる時間を求めよ。

問2 図のような断面をもつ、無限に長い中空の円筒が真空中にある。円筒の内径(中空部の半径)を $r_1$ 、外径を $r_2$ とする。このパイプ状の円筒には、体積電荷密度 $\rho$ で電荷が一様に分布している。真空の誘電率を $\epsilon_0$ とする。

- (1)  $r < r_1$ ,  $r_1 < r < r_2$ ,  $r > r_2$ のそれぞれの区間について、電場を求めよ。
- (2)  $r = R_1$ と $r = R_2$ の2点の電位差を求めよ。ただし、 $R_1 > r_2$ ,  $R_2 > r_2$ とする。
- (3) 電荷 $Q$ をもった点電荷を $r = R_1$ から $r = R_2$ に移動させるのに要する仕事を求めよ。



[2] 以下の問1～問2に答えよ。

問1. 次の図はカルノーサイクル（気体を用いた熱機関）を模式的に表したものである。図において、 $T_1$  および  $T_2$  は系の温度を、 $P_J$  および  $V_J$  はそれぞれ状態  $J$  における系の圧力および体積を、 $q_{JK}$  および  $w_{JK}$  は状態  $J$  から状態  $K$  への変化において系が外から吸収する熱および外から受ける仕事をそれぞれ表す。熱機関に用いる気体は理想気体であり、その物質量は 1 モルとして、以下の (1) ～ (5) に答えよ。気体定数を  $R$ 、定積モル熱容量を  $C_V$  とする。

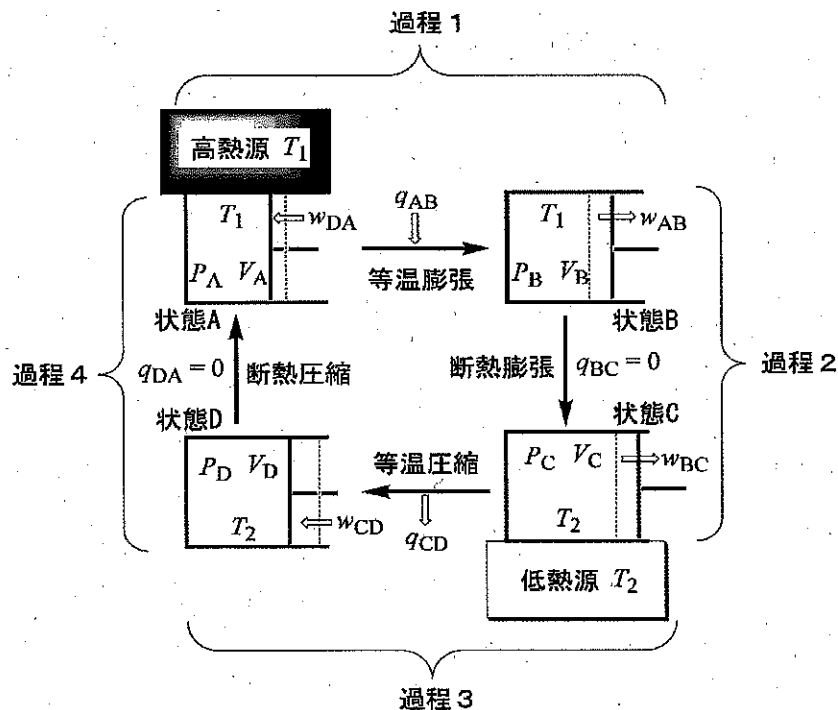


図 カルノーサイクルの模式図

- (1) 状態  $J$  から状態  $K$  への変化における内部エネルギーの増加量を  $\Delta U_{JK}$  とする。熱力学の第一法則に基づいて、 $\Delta U_{JK}$  を  $q_{JK}$  及び  $w_{JK}$  を用いて表せ。
- (2) 図における圧力 ( $P$ ) と体積 ( $V$ ) の変化を  $P$ - $V$  曲線で表せ。
- (3)  $w_{AB}$ ,  $w_{BC}$ ,  $w_{CD}$ ,  $w_{DA}$ ,  $q_{AB}$  および  $q_{CD}$  を式で表せ。

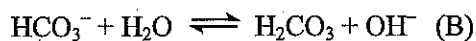
(4)  $V_B/V_A = V_C/V_D$ であることを示せ。

(5) カルノーサイクルが1周する間に気体に対してなされた仕事を  $w$  ( $w = w_{AB} + w_{BC} + w_{CD} + w_{DA}$ ) として, カルノーサイクルの熱効率  $\varepsilon$  ( $\varepsilon = -w/q_{AB}$ ) を  $T_1$  及び  $T_2$  を用いて表せ。

問2 炭酸ナトリウムの水溶液は, 下の (A), (B) の反応式で示されるように溶解した炭酸化学種が水と反応することにより弱塩基性を示す。水溶液中の炭酸化学種の逐次塩基解離定数  $K_{b1}$ ,  $K_{b2}$  および分率  $\alpha_j$  ( $j = 0, 1, 2$ ) は以下で与えられる。ここで,  $[X]$  は化学種  $X$  のモル濃度 ( $\text{mol dm}^{-3}$ ) である。以下の (1) ~ (4) に答えよ。ただし, 濃度と活量は等しいと仮定してよい。  $\text{H}_2\text{O}$  のイオン積  $K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$  とする。



$$K_{b1} = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{OH}^-]}{[\text{CO}_3^{2-}]} = 10^{-3.68}$$



$$K_{b2} = \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3][\text{OH}^-]}{[\text{HCO}_3^-]} = 10^{-7.64}$$

$$\alpha_0 = \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3]}{[\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]}$$

$$\alpha_1 = \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]}$$

$$\alpha_2 = \frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]}$$

(1)  $\alpha_0$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  を  $[\text{OH}^-]$ ,  $K_{b1}$  及び  $K_{b2}$  を用いて表せ。

(2)  $0.10 \text{ mol dm}^{-3}$  炭酸ナトリウム水溶液の pH を計算せよ。

- (3) (2)の溶液 10.00 mL を  $0.10 \text{ mol dm}^{-3}$  HCl 水溶液で酸塩基滴定を行う。  
HCl 水溶液を 5.00, 10.00, 15.00, 及び 20.00 mL だけ滴下したときの溶液の  
pH をそれぞれ求めよ。計算の過程も示すこと。
- (4) 酸塩基滴定における当量点を決定するために、酸塩基指示薬を用いるこ  
とがある。指示薬を選ぶ際に注意すべき点を述べよ。

[ 3 ] 以下の問1～問2に答えよ。

問1 真核光合成生物の進化に関する以下の文を読み、(1)～(6)に答えよ。

近年では分子系統学的解析の結果をふまえ、真核生物内を8つのスーパーグループ（オピストコンタ、アメーボゾア、プランテ、リザリア、アルベオラータ、ストラメノパイル、ハクロビア、エクスカバータ）に分ける分類体系が一般的になりつつある。これらの8つのスーパーグループの中で、プランテをはじめとして **A** には、葉緑体をもち光合成を営む生物群が含まれているが、これらのスーパーグループには、従属栄養性の生物群も含まれており、真核光合成生物は多系統であると考えられている。ミトコンドリアと同じように葉緑体も細胞内共生によって獲得されたと考えられているが、一次共生により原核生物を葉緑体化したのはプランテの祖先で、ほかのスーパーグループの葉緑体は、真核生物であるプランテを取り込むことによって葉緑体化したのと考えられている。このような二次細胞内共生イベントが起こった証拠として、<sup>(1)</sup> クリプト藻にみられるヌクレオモルフを挙げることができる。細胞内に取り込んだ生物をオルガネラ化するためには、光合成関連遺伝子の宿主細胞核への移動など、<sup>(2)</sup> いくつかのプロセスが必要と考えられる。ヌクレオモルフの存在は、褐藻のような他の二次共生生物とくらべると、クリプト藻共生体のオルガネラ化が途中段階にあることを示唆している。一次共生が一度きりであると考えられてきたのに対し、二次共生の回数にはいまだ定説がない。それぞれのスーパーグループにおいて独立に二次共生が起こったとする説が有力だが、<sup>(3)</sup> どんなに少なく見積っても2回は二次共生イベントが生じたことは確かであると考えられている。

(1) 以下のa～eのそれぞれについて、属するスーパーグループ名を記せ。

- a. シロイヌナズナ
- b. シゾン (*Cyanidioschizon melorae*)
- c. ゾウリムシ (*Paramecium* spp.)
- d. キイロタマホコリカビ
- e. 酵母

- (2) にはいるスーパーグループ名を全て記せ。
- (3) ミトコンドリアおよび葉緑体，それぞれの起源となったバクテリアのグループ名を記せ。
- (4) 下線部 (1) のヌクレオモルフとはどのような起源をもつ構造か記せ。また，細胞内共生説から考えて，クリプト藻の細胞内におけるヌクレオモルフの位置がわかるような模式図を描け。細胞膜・葉緑体・ミトコンドリア・核・ヌクレオモルフの位置を明示すること。
- (5) 下線部 (2) について，取り込んだ生物のオルガネラ化は，いくつかのステップを経て進むと考えられている。それらのステップのうち，「遺伝子の移動」以外に必要なステップを2つ記せ。
- (6) 下線部 (3) のように考えられるのはなぜか，説明せよ。

問2 陸上植物の進化に関する以下の文章を読み，(1)～(4)に答えよ。

現在，地球上には多様な陸上植物が満ち溢れ，地球環境の生態系を構成している重要な要素の一つとなっている。これらの陸上植物の進化と多様性に関する最近の研究は，革新的に発展しており，新たな研究の世界が切り開られようとしている。

現在の陸上植物には，，トクサ類，ヒカゲノカズラ類，シダ類およびが含まれている。これらの中でをもたない植物はに限られている。は，と被子植物によって構成されている。

デボン紀の地層から発見されてきたを繰り返す特徴のある化石植物は，これまでをもつ最古の陸上植物とされ，「ライニー植物」という系統的にもまとまった分類群と考えられてきた。しかし，この見解は，最近の研究によって，見直しをせまられている。

被子植物は，植物界の中で，最も進化した群であり，陸上植物の9割を占めている。被子植物の特徴は，いわゆる「花」をつけることである。

- (1)  ~  に適切な用語を記入せよ。
- (2) ライニー植物に関する従来の見解が，最近の研究によって，どのようにくつがえされてきたのか，説明せよ。
- (3) 被子植物の花と他の分類群の生殖器官を区別する基本的な特徴を3つ記入せよ。
- (4) 最近の分子系統の研究によって明らかにされた被子植物の分類体系を説明せよ。