

平成28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、表紙を除き全部で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、選択した問題番号が記載された解答用紙を用い、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、選択した問題番号が記載された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 慣性系 S の原点を通るある軸回りに一定の角速度 ω で回転している回転座標系 S' がある。 S' 系であらわれる慣性力を以下のように求めてみた。[ア] ~ [ク] に入る適切な数式, および [ケ], [コ] に入る適切な語句を答えよ。ただし, S 系の基底ベクトルを e_x, e_y, e_z , S' 系の基底ベクトルを e_x', e_y', e_z' とする。

初めに, S 系での位置ベクトル $r = xe_x + ye_y + ze_z$ が, S' 系での位置ベクトル $r' = x'e_x' + y'e_y' + z'e_z'$ と等しいこと, すなわち $r = r'$ を出発点にして, S 系での速度ベクトル v と S' 系での速度ベクトル v' の関係を求めてみよう。 $r = r'$ の両辺を時間微分してみると, $\dot{r} = v =$ [ア] となる。[ア] は S' 系での位置成分の時間微分と基底ベクトルの時間微分を使って, [ア] = [イ] とかける。 S' 系の基底ベクトル e_x', e_y', e_z' は S 系の原点を通るある軸回りを角速度 ω で回転しているため, その方向が時々刻々と変化する。そのため, その時間微分 $\dot{e}_x', \dot{e}_y', \dot{e}_z'$ はゼロにならず, それぞれ, $\omega \times e_x', \omega \times e_y', \omega \times e_z'$ となる。よって, S 系での速度 v は, S' 系の速度 v' と位置ベクトル r' を使って $v =$ [ウ] と書くことができる。

次に, $v =$ [ウ] の関係を使って, S 系での加速度 a と S' 系での加速度 a' の関係を求めてみよう。 $v =$ [ウ] の両辺を時間微分すると, ω が一定であることより $\dot{v} =$ [エ] となる。 \dot{v}' は a' と [オ] の和になるので, 結局 $a =$ [カ] となる。これは, 外力 F が作用する質量 m の質点に対して慣性系 S で成り立つニュートンの第二法則 $ma = F$ が, 回転座標系 S' では $ma' = F -$ [キ] $-$ [ク] となり, 成立しないことを意味する。ここで, S' 系で現れる 2 つの慣性力 [キ] および [ク] は, それぞれ [ケ] 力および [コ] 力と呼ばれている。

問2 摩擦のない水平な台上で、質量 m の物体を原点 ($x=0$) から $t=0$ に初速度 v_0 で x が正の方向に滑らせた。この物体が、ある時間 ($t>0$) に速さ v で移動している時に受ける空気抵抗は myv と表せるとする。ここで γ は空気抵抗の大きさを表す係数である。以下の (1) ~ (3) に答えよ。

(1) この物体の運動を記述する運動方程式を立てよ。

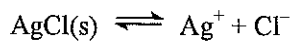
(2) この物体の速度を求めよ。

(3) t を無限大とした時の物体の位置 x を求めよ。

[2] 以下の問 1 ~ 問 3 に答えよ。

問 1 水溶液中での溶解平衡に関する以下の文章を読み、以下の (1) ~ (3) に答えよ。

難溶性塩である AgCl とその構成イオン間で成立する次のような水溶液中での溶解平衡を考える。



ここで (s) は固体を表す。この反応式の熱力学的平衡定数は、

$$K = \frac{a_{\text{Ag}^+} a_{\text{Cl}^-}}{a_{\text{AgCl(s)}}}$$

で与えられる。ただし、 a_x は化学種 X の活量である。

純水に AgCl を溶解させる時、難溶性塩から溶解する Ag^+ や Cl^- の濃度は低いので、それぞれのイオンの (ア) は 1 に近く、 a_{Ag^+} 及び a_{Cl^-} はそれぞれ、 Ag^+ のモル濃度 $[\text{Ag}^+]$ 及び Cl^- のモル濃度 $[\text{Cl}^-]$ と等しいとみなせる。また、純物質の活量は 1 であり、 $a_{\text{AgCl(s)}} = 1$ である。このとき、平衡定数 K は溶解平衡にある構成イオンの濃度の積である K_{sp} と等しい。 K_{sp} は (イ) と呼ばれる定数であり、 25°C における AgCl(s) の $K_{\text{sp}} = 1.0 \times 10^{-10} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$ である。

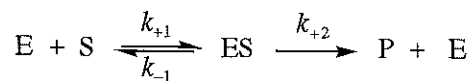
- (1) 文中の (ア), (イ) に入る適切な語句をそれぞれ答えよ。
- (2) AgCl 飽和溶液における $[\text{Ag}^+]$ 及び $[\text{Cl}^-]$ をそれぞれ有効数字 2 桁で計算せよ。
- (3) $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3} \text{ NaCl}$ を含む AgCl 飽和溶液における $[\text{Ag}^+]$ 及び $[\text{Cl}^-]$ をそれぞれ有効数字 2 桁で計算せよ。ただし、銀のクロロ錯体の形成は考えなくてよい。

問2 酵素触媒反応に関する以下の文章を読み、以下の(1)～(3)に答えよ。

化学反応は十分に長い時間をかければ平衡に達するが、反応速度を大きくする触媒が作用することで、より短い時間で反応が進行してゆく。触媒は、(ア)エネルギーが低い別の反応経路を生み出す役割をし、反応に関与するが反応の前後で変化しないものである。生体内では酵素が触媒として作用する。酵素はある限られた種類の基質にのみ作用するという(イ)性を有する。

(1) 文中の(ア)、(イ)にあてはまる適切な語句を答えよ。

(2) 酵素が触媒となる反応は、酵素 E が基質 S と複合体 ES を形成し、ES の分解により生成物 P を生成すると同時に E を再生する下に示した反応経路で進行する。



k_{+1} , k_{-1} , k_{+2} を反応速度定数とすれば、ES の濃度に関する反応速度式は以下で与えられる。

$$\frac{d[ES]}{dt} = k_{+1}[E][S] - k_{-1}[ES] - k_{+2}[ES]$$

ここで、 $[ES]$, $[E]$, $[S]$ はそれぞれ反応開始後の時刻 t における ES, E, S の濃度である。酵素反応は、 $[ES]$ の時間変化がゼロで進行する。この状態で反応させた時、 $[ES]$ を $[E]$, $[S]$, k_{+1} , k_{-1} 及び k_{+2} を用いて表せ。ただし、S の初濃度 $[S]_0$, E の初濃度 $[E]_0$ とした時、 $[S]_0 \gg [E]_0$ とする。

(3) (2) の反応において、P の生成する速度 v を $[E]_0$, $[S]$, k_{+2} 及びミカエリス定数 K_m を用いて表せ。ただし K_m は次式で与えられる。

$$K_m = \frac{k_{+2} + k_{-1}}{k_{+1}}$$

問3 以下の文章を読み、以下の(1)～(3)に答えよ。

理想気体1モルを状態 A (圧力 P_A , 体積 V_A , 温度 T_1) から準静的に定温膨張させて状態 B (圧力 P_B , 体積 V_B , 温度 T_1) にした後、準静的に断熱膨張させて状態 C (圧力 P_C , 体積 V_C , 温度 T_2) にした。

- (1) 状態 A から状態 B へ変化させたときの気体になされた仕事 w_{AB} 及び気体が吸収した熱量 q_{AB} を求めよ。
- (2) 状態 B から状態 C へ変化させたときの気体になされた仕事 w_{BC} 及び気体が吸収した熱量 q_{BC} を求めよ。ただし、気体の定積熱容量は C_V であるとする。
- (3) 状態 A から状態 C へ変化させたときのエントロピー変化を求めよ。

[3] 生物の遺伝と繁殖様式に関する以下の問 1, 問 2 に答えよ。

問 1 図 1 の電気泳動ゲルでは, DNA 試料はゲルの上端に置かれ, 泳動は下向きに行われている。左端 (M) は, 分子量マーカーであり, 断片のサイズは kb で与えられている。その隣には, 野生型ホモ接合体 (AA) から抽出された DNA のうち, ある遺伝子のコード領域の部分に相当する DNA 断片の位置が示されている。また, a_1 は野生型の断片中に 2kb の挿入をもつ突然変異対立遺伝子であり, a_2 は野生型断片に 2kb の欠失をもつ突然変異対立遺伝子である。以下の (1) および (2) に答えよ。

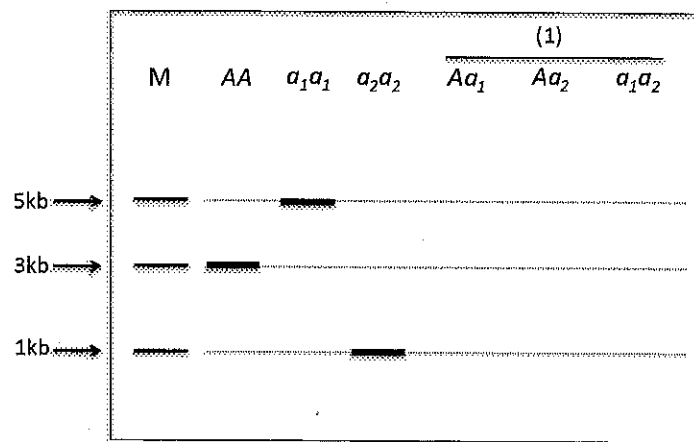


図 1

- (1) 遺伝子型 Aa_1 , Aa_2 , a_1a_2 の個体について, 期待される DNA バンドの位置を解答用紙の図 1 に示せ。
- (2) a_3 が野生型の断片中に 1kb の欠失をもつ突然変異対立遺伝子であるとする。両親 (P) が Aa_1 と a_1a_3 の時, 両親のバンドパターン, および生まれてくる子ども F1 のすべての遺伝子型とそれに対応するバンドパターンを解答用紙の図 2 に図示せよ。

問2 生物の繁殖様式に関する以下の(1)～(4)に答えよ。

- (1) 「有性生殖のパラドックス」とは何か、有性生殖と無性生殖の違いを踏まえて説明せよ。
- (2) 有性生殖の有利性についてこれまでに提唱されてきた仮説を2つ挙げて説明せよ。
- (3) 有性生殖を行う植物では、他個体の花粉を受粉する他殖だけでなく、自個体の花粉で受粉する自殖を行う種が多い。自殖の有利な点を説明せよ。
- (4) 自殖の有利性がある一方で、植物の中には自殖を回避し他殖を促進するメカニズムをもつ種も多い。そのメカニズムを2つ挙げよ。