

平成25年度第1次募集（平成24年10月入学含む。）  
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

（専攻名）環境科学専攻

（試験実施単位名）自然システム科学コース

（記号）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13ページある。
- 3 物理学（[1]，[2]），化学（[3]，[4]），生物学（[5]，[6]），地学（[7]，[8]）の[1]～[8]から3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。

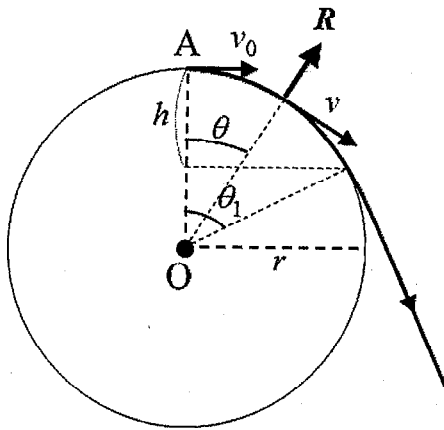
[ 1 ] 以下の問1～4に答えよ。

鉛直面内に固定された半径 $r$ の滑らかな円板がある。その頂上Aから質量 $m$ の質点を初速 $v_0$  ( $v_0 < \sqrt{rg}$ ) で滑りださせた。 $g$ は重力加速度を表す。

問1 天頂線AOからの天頂角 $\theta$ における円周上の速さを $v$ とし、運動エネルギーと位置エネルギーの関係式を立てよ。

問2 問1において、垂直抗力を $R$ として法線方向の運動方程式を立てよ。

問3 質点が円周から離れる点の天頂角 $\theta_1$ 、頂上Aからの落下距離 $h$ 、速度 $v_1$ を求めよ。また $\theta_1$ の臨界角（最大角）を求めよ。



問4 問3の結果から、初速 $v_0 \geq \sqrt{rg}$ の時は、どのような運動になるか記述せよ。

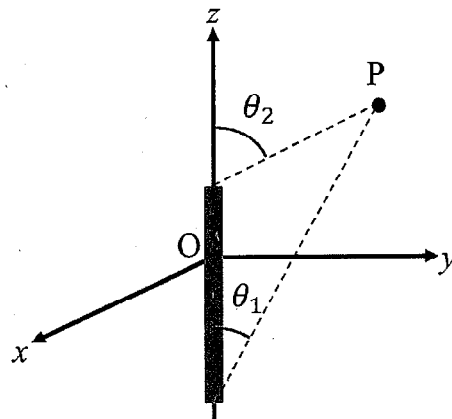
[ 2 ] 磁場の発生に関する以下の問 1 ~ 3 に答えよ。

1819年のエルステッドによる電流がコンパス磁針を偏向させる現象の発見から間もなくして、ビオとサバルによって、定常電流が磁石に力をおよぼすことが報告された。現在ではビオ・サバルの法則として知られている、定常電流  $I$  の電流要素  $I ds$  が観測点  $P$  で作る磁場  $d\mathbf{B}$  の性質をまとめると次のようになる。

- 1 ベクトル  $d\mathbf{B}$  は、電流要素ベクトル  $I ds$  と電流要素から  $P$  に向くベクトル  $r$  の両方に垂直である。
- 2  $d\mathbf{B}$  の大きさは、電流要素から  $P$  までの距離  $r$  の 2 乗に反比例する。
- 3  $d\mathbf{B}$  の大きさは、電流  $I$  と要素の長さ  $ds$  に比例する。
- 4  $d\mathbf{B}$  の大きさは、ベクトル  $ds$  と  $r$  の成す角の正弦に比例する。

問 1 ビオ・サバルの法則を表す式を  $d\mathbf{B}$ ,  $I ds$ ,  $r$ ,  $r$  を用いて書け。ただし、比例定数は  $k_m$  とする。

問 2 図のように  $z$  軸方向の線分に定常電流  $I$  が流れている時の任意点  $P$  での磁場を求めよ。



問 3 1962年にオクラホマ州タルサの気象観測所で、竜巻が発生させる磁場の測定が行われた。観測所から 10 km の地点に現れた半径 100 m、高さ 1 km の竜巻による磁場の大きさは  $B=1.5 \times 10^{-8}$  T であった。竜巻の中の電流の大きさを求めよ。また、竜巻の中の荷電粒子の密度を  $10^{15}$  個/ $m^3$  と仮定し、荷電粒子が移動する速さを概算せよ。ただし、 $k_m=10^{-7}$  Wb/Am、素電荷  $e=1.6 \times 10^{-19}$  C である。

[3] 以下の問1, 2に答えよ。

問1 ギブズ自由エネルギーの圧力依存性に関する以下の(1), (2)に答えよ。

- (1) 純物質のみが存在している系のギブズ自由エネルギー ( $G$ ) は, 内部エネルギー ( $U$ ), 圧力 ( $p$ ), 体積 ( $V$ ), 温度 ( $T$ ), エントロピー ( $S$ ) を用いて次の様に表すことができる。

$$G = U + pV - TS$$

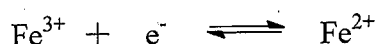
いま, 圧力を可逆的に微小変化させたとき, この系のギブズ自由エネルギーの変化量は, 定温では  $\left(\frac{\partial G}{\partial p}\right)_T = V$  で表せることを示せ。

- (2) ある温度におけるエタノール (液体) の密度は  $0.789 \text{ g cm}^{-3}$  である。この温度におけるエタノールのモル体積を求めよ。また圧力を  $1.00 \text{ atm}$  から  $20.00 \text{ atm}$  まで変化させた場合, この液体エタノールのモルギブズ自由エネルギー変化を求めよ。ただし加圧による液体アルコールの体積変化は無いものとして考える。また必要であれば以下の値を用いよ。  
エタノールのモル質量:  $46.07 \text{ g mol}^{-1}$ ,  $1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$

問2  $25.0 \text{ }^\circ\text{C}$  の水溶液中における鉄の酸化還元電位に及ぼす錯生成の影響について, 以下の(1) ~ (4)に答えよ。ただしすべての化学種について活量と濃度は等しいものとして取り扱うこととする。必要であれば以下の値を用いよ。

$$\text{ファラデー定数 } (F) : 96500 \text{ C mol}^{-1}, \text{ 気体定数 } (R) : 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}, \\ \ln x = 2.303 \log x$$

- (1) 下の反応式によって示される水溶液中での  $\text{Fe}^{3+}$  と  $\text{Fe}^{2+}$  との半反応に関して, ネルンストの式を用いることにより, その電位  $E$  を標準酸化還元電位 ( $E_{\text{Fe}^\circ}$ ) と各鉄化学種の濃度 ( $[\text{Fe}^{3+}]$ ,  $[\text{Fe}^{2+}]$ ) を用いて表せ。



- (2)  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  のどちらの鉄化学種ともそれぞれ錯体  $\text{FeL}^{3+}$ ,  $\text{FeL}^{2+}$  を生成する配位子  $L$  がある。溶液中に存在する  $\text{Fe}^{3+}$  化学種の全濃度 ( $C_{\text{Fe}^{3+}}$ ) を, 錯体

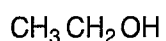
を生成していない遊離の $\text{Fe}^{3+}$ 濃度 ( $[\text{Fe}^{3+}]$ ) ならびに $\text{Fe}^{3+}$ とLとの副反応係数 ( $\alpha_{\text{Fe}^{3+}(\text{L})}$ ) を用いて表せ。同様に、溶液中に存在する $\text{Fe}^{2+}$ 化学種の全濃度 ( $C_{\text{Fe}^{2+}}$ ) に関しても、遊離の $\text{Fe}^{2+}$ 濃度 ( $[\text{Fe}^{2+}]$ ) と $\text{Fe}^{2+}$ とLとの副反応係数 ( $\alpha_{\text{Fe}^{2+}(\text{L})}$ ) を用いて表せ。ただし各鉄化学種とLとの錯生成反応以外の副反応は生じないものとする。

- (3)  $\text{FeL}^{3+}$ ,  $\text{FeL}^{2+}$ の全生成定数をそれぞれ $\beta_{\text{Fe}^{3+}(\text{L})}$ ,  $\beta_{\text{Fe}^{2+}(\text{L})}$ とする。上の(1), (2)の結果を用いて、 $\text{Fe}^{3+}$ と $\text{Fe}^{2+}$ との半反応に関する酸化還元電位 $E$ を表す式を、遊離の配位子濃度 ( $[\text{L}]$ ),  $E^\circ$ ,  $\beta_{\text{Fe}^{3+}(\text{L})}$ ,  $\beta_{\text{Fe}^{2+}(\text{L})}$ ,  $C_{\text{Fe}^{3+}}$ ,  $C_{\text{Fe}^{2+}}$ を用いて表せ。
- (4) いま、 $C_{\text{Fe}^{3+}}$ と $C_{\text{Fe}^{2+}}$ が等しく、さらにLが $C_{\text{Fe}^{3+}}$ と $C_{\text{Fe}^{2+}}$ の1000倍量存在しているとする。 $\beta_{\text{Fe}^{3+}(\text{L})}$ が $10^{14.0}$  ( $\text{mol dm}^{-3}$ ),  $\beta_{\text{Fe}^{2+}(\text{L})}$ が $10^{22.0}$  ( $\text{mol dm}^{-3}$ )であるとき、 $E$ は配位子が存在しない場合に比べて何ボルト変化するかを答えよ。

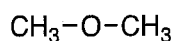
[4] 以下の問1, 2に答えよ。

問1 分子間に働く, (1) ファンデルワールス力, (2) 双極子-双極子相互作用, (3) 水素結合とはどのようなものか, 次の (a) ~ (c) の実験事実の中で最も適当と思われるものを例にとり説明せよ。

(a) エタノールの沸点は  $78.3^{\circ}\text{C}$  でジメチルエーテル (沸点  $-24.8^{\circ}\text{C}$ ) より高い。

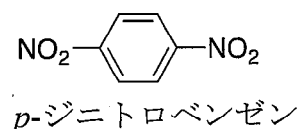
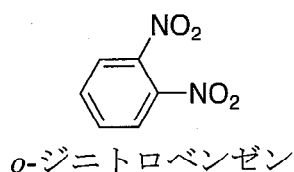


エタノール

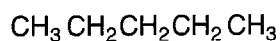


ジメチルエーテル

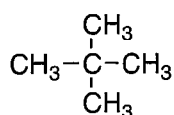
(b) *o*-ジニトロベンゼンの沸点は  $319^{\circ}\text{C}$  であるのに対し, *p*-ジニトロベンゼンの沸点は  $299^{\circ}\text{C}$  である。



(c) ペンタンの沸点は  $36.1^{\circ}\text{C}$  であり, 2,2-ジメチルプロパンの  $9.5^{\circ}\text{C}$  より高い。

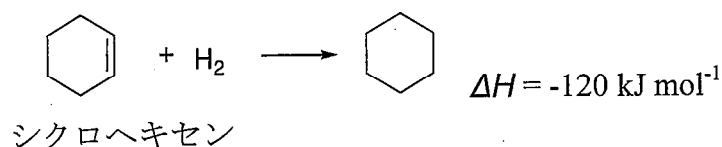


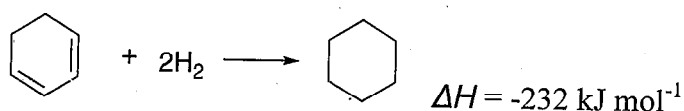
ペンタン



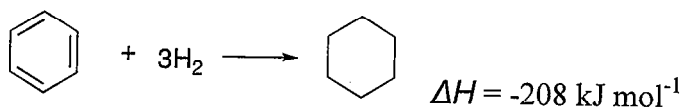
2,2-ジメチルプロパン

問2 シクロヘキセン, 1,3-シクロヘキサジエン, ベンゼン, 1,3,5,7-シクロオクタテトラエンの水素化のエンタルピー変化は以下のとおりである。以下の (1), (2) に答えよ。

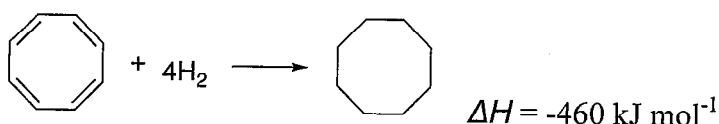




1,3-シクロヘキサジエン



ベンゼン (1,3,5-シクロヘキサトリエン)



1,3,5,7-シクロオクタテトラエン

- (1) 1,3-シクロヘキサジエンの水素化熱はシクロヘキセンの水素化熱を2倍した値より  $8 \text{ kJ mol}^{-1}$  小さい。その理由を説明せよ。
- (2) ベンゼン (1,3,5-シクロヘキサトリエン) の水素化熱はシクロヘキセンの水素化熱を3倍した値より  $152 \text{ kJ mol}^{-1}$  も小さいのに対し、ベンゼンと同じ環状共役二重結合化合物である1,3,5,7-シクロオクタテトラエンの水素化熱は1,3-シクロヘキサジエンのほぼ2倍である。またベンゼンの6つの炭素-炭素結合距離が全て  $1.39 \text{ \AA}$  であるのに対し、1,3,5,7-シクロオクタテトラエンは異なる結合距離を持つ2種類の炭素-炭素結合を4個ずつ有した非平面分子であることが実験からわかっている。この二つの環状共役二重結合化合物の性質が違う理由を説明せよ。

[5] 生物の遺伝と進化に関する以下の問1, 2に答えよ。

問1 ショウジョウバエで遺伝子  $a$  と  $b$  は連鎖していることは分かっているが、その組換え率は不明である。 $(a +)$  /  $(+ b)$  の雌雄を交配した結果を、以下の(1) ~ (2)の手順で答えよ。ただし、 $+$ は野生型で優性、 $a/a$ の表現型はA、 $b/b$ の表現型はBとする。

- (1) 組換え率がRのとき、雌が作る卵の遺伝子型と割合を示せ。
- (2) ショウジョウバエの雄では交叉は起きない。精子の遺伝子型と割合を示せ。
- (3) 雌雄を交配するとどのような表現型がどのような割合で生じると予測されるか。

問2 一つの例外をのぞき、真核生物の葉緑体は、一回の一次細胞内共生によって誕生したといわれている。以下の(1) ~ (3)に答えよ。

- (1) 葉緑体の起源と考えられている光合成を行う原核生物のグループ名を記せ。また、その説の根拠となるような、葉緑体と起源生物群との光合成における共通点を簡単に説明せよ。ただし、色素組成以外の共通点を記すこと。
- (2) 真核光合成生物の一部にみられる4重膜葉緑体の成立は、二次細胞内共生によって説明されている。この仮説の根拠となるような、一部の二次共生生物群にみられる構造名を答え、その構造がどうして二次共生の証拠となりうるのかを説明せよ。
- (3) 単一起源にも関わらず、光合成色素には各グループに特有なものが存在する。一方で、すべての真核光合成生物に普遍的に含まれる光合成色素も存在する。この普遍的な色素の名前を記せ。また、この普遍的な色素特有の光合成における役割について、各系統群に特有の他の光合成色素の役割と対比させて説明せよ。



[ 6 ] 生物の構造と機能に関する以下の問 1, 2 に答えよ。

問 1

- (1) 下の語群に示す組織 (部位) を持つ両面葉の図を描き, 各組織の場所を図中に示せ。さらに, 色素体が葉緑体に分化しているすべての組織 (部位) 名に丸をつけよ。

語群: 表皮, 気孔, 孔辺細胞, 柵状葉肉組織, 海綿状葉肉組織,  
維管束鞘, 維管束, 木部, 篩 (師) 部

- (2) 問 1 で答えたような葉をもつ植物の葉肉細胞では大気中の  $\text{CO}_2$  はルビスコ (RuBisCO) によって同化される。そのような植物のことを  $\text{C}_3$  植物と呼ぶ。これに対して, トウモロコシなどのイネ科植物には  $\text{C}_4$  植物と呼ばれるものが存在する。 $\text{C}_3$  植物と  $\text{C}_4$  植物の違いについて説明せよ。
- (3) 植物の多くは, 朝, 明るくなると気孔を開く。そのメカニズムについて説明せよ。

問 2

- (1) 動物のからだを構成する組織のうち上皮組織とはどのような組織か, 図を用いて説明せよ。
- (2) 刺胞動物, 扁形動物, 線形動物の横断面の模式図を描き, それぞれの動物の体制の特徴を図に則して簡潔に説明せよ。
- (3) 動物の上皮組織は物質移動の障害となるだけでなく, いろいろな物質を選択的に透過させる機能を持つ。選択的透過には, 細胞膜に存在するタンパク質が関与する。膜タンパク質が関与する輸送方式の例を 3 つ挙げ, それぞれについて簡潔に説明せよ。

[ 7 ] 以下の文を読み問 1, 2 に答えよ。

黒体とは入射するすべての波長の放射を完全に吸収する理想的な物体であり、黒体から射出される放射を黒体放射と呼ぶ。絶対温度  $T$ [K]における黒体放射輝度  $B$  のスペクトル分布は

$$B(\lambda; T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5 \{ \exp(hc / \kappa\lambda T) - 1 \}} \quad (1)$$

で表せる。ここで  $\lambda$  は波長,  $h$  はプランク定数,  $c$  は光速,  $\kappa$  はボルツマン定数。  
(1) 式より, スペクトルが最大になる波長  $\lambda_{\max}$  と輝度温度の関係は

$$\lambda_{\max} = a / T, \quad a = 2897 [\mu\text{mK}] \quad (2)$$

が求まる。(1)式を全波長で積分すると, 黒体放射における単位面積当たりの放射フラックス  $F$ [Wm<sup>-2</sup>]と輝度温度  $T$ [K]の関係

$$F = \sigma T^4 \quad (3)$$

が求まる ( $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$ )。

問 1

- (1) (1)式~(3)式で表わす関係または法則の名前をそれぞれ答えよ。
- (2) 黒体放射を仮定し, 太陽からの日射のスペクトルが  $0.475 \mu\text{m}$  で最大になるとして太陽の輝度温度を求めよ。

問 2

- (1) 太陽定数を  $S = 1370 \text{Wm}^{-2}$ , 地球のアルベドを  $A = 0.3$  としたときの地球の放射フラックス  $I$  を求めよ。また地球大気が黒体放射をしているとしたとき, その輝度温度  $T_g$  を求める式を示せ。
- (2) 地球表面が黒体放射をしているとした時の輝度温度を  $T_g$ , 日射に対する大気の吸収率を  $r$  として, 地表面での放射バランスを表す式を示せ。
- (3) 地球大気が長波に対して黒体放射をしていると仮定し, 地表面での放射バランスに加え大気層での放射バランスを考慮すると, 地球の輝度温度  $T_g$  が次式で表せることを導け。

$$T_g = \left( \frac{(2-r)I}{\sigma} \right)^{1/4}$$

[ 8 ] 図1について、以下の問1に答えよ。

問1 図1上図には地球大気の主要な成分組成の変化が示されており、下図には地球誕生から現在に至る主要な地質的イベントが示されている。下図の灰色部はストロマトライトの消長が表され、黒色部はストロマトライトに伴い形成された金属鉱床である。

- (1) 大気中の成分(A), (B)の名称を答えよ。
- (2) 大気中の成分(A)は地球創世期から減少してきた。その理由を述べよ。
- (3) 金属鉱床(C)の名称を答えよ。
- (4) ストロマトライトとは何か、説明せよ。
- (5) ストロマトライトが発達すると、なぜ(C)の金属鉱床が形成されるのか。その理由を述べよ。
- (6) ストロマトライトの断面には縞状構造が見られる。なぜそのような構造がつくられるのか、説明せよ。
- (7) 原始の生命は深海で誕生し、陸上へ進出したのは約4億年前といわれている。ストロマトライトとの関係に留意して、その理由を述べよ。

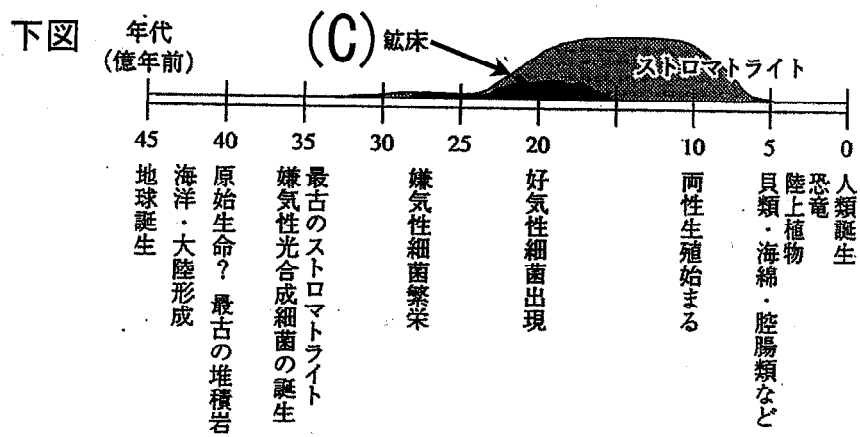
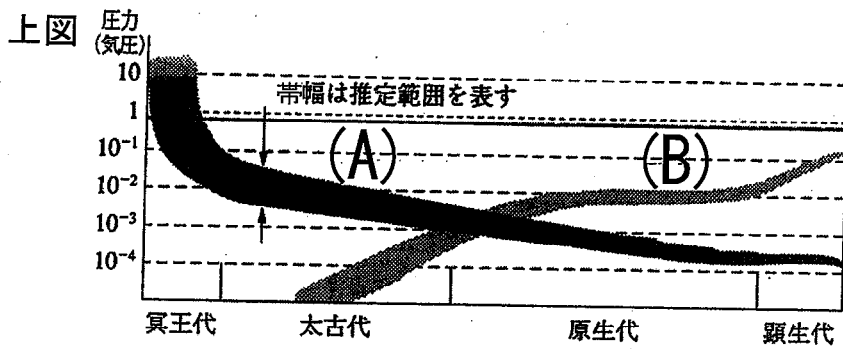


図1 出典：酒井(2000)「地球と生命の起源」講談社を一部改変