

平成20年度
東京大学大学院総合文化研究科
広域科学専攻修士課程入学試験問題
相関基礎科学系 基礎科目

(平成19年8月28日 13:00~14:30)

試験開始の合図があるまで問題冊子を開いてはいけません。開始の合図があるまで、下記の注意事項をよく読んでください。

1. 本冊子は、相関基礎科学系を第一志望とする受験者のためのものである。
2. 本冊子の本文は14ページである。落丁、乱丁又は印刷不鮮明の箇所があった場合には、手を挙げて申し出ること。
3. 第1問~第13問から3問を選択して解答すること。
4. 配付された3枚の解答用紙(両面使用可)は、問題ごとに1枚を使用すること。
5. 解答用紙の上の欄に、解答した問題の番号、科目名、氏名及び受験番号を、次の記入例のように記入すること。なお、氏名、受験番号を記入していない答案は無効である。

記入例

| 問題番号 | 科目名 | 氏名 | 受験番号 |
|------|--------|---------|---------|
| 第5問 | 物理学(3) | ○ ○ ○ ○ | No.○○○○ |

6. 本冊子の最後の3枚は草稿用紙である。切り離して使用してもよい。
7. 試験の開始後は、中途退場を認めない。
8. 本冊子、解答用紙及び草稿用紙は持ち帰ってはならない。
9. 次の欄に受験番号と氏名を記入せよ。

| | |
|------|--|
| 受験番号 | |
| 氏名 | |

相関基礎科学系 基礎科目

目 次

| | | | |
|------|----------|-------|-----|
| 第1問 | 数学(1) | ..... | 1 |
| 第2問 | 数学(2) | ..... | 2 |
| 第3問 | 物理学(1) | ..... | 3 |
| 第4問 | 物理学(2) | ..... | 4 |
| 第5問 | 物理学(3) | ..... | 5 |
| 第6問 | 化学(1) | ..... | 6~7 |
| 第7問 | 化学(2) | ..... | 8 |
| 第8問 | 化学(3) | ..... | 9 |
| 第9問 | 生物学(1) | ..... | 10 |
| 第10問 | 生物学(2) | ..... | 11 |
| 第11問 | 地学(1) | ..... | 12 |
| 第12問 | 地学(2) | ..... | 13 |
| 第13問 | 科学史・科学哲学 | ..... | 14 |

第 2 問 数学 (2)

I. A を $n \times n$ の実正方行列、 v, w を n 次元実ベクトルとする。実数 a に対して $Av = av$ をみたすとき、 v を固有値 a に属する (対する) 右固有ベクトルと呼び、 ${}^t w A = a {}^t w$ をみたすとき、 w を固有値 a に属する左固有ベクトルと呼ぶことにする。ここで ${}^t w$ は、 w の転置である。このとき、値の異なる固有値に属する右固有ベクトルと左固有ベクトルは、直交することを示せ。

II. 具体的な A の例として、次の 3×3 行列を考える。

$$A = \begin{pmatrix} -\lambda & \varepsilon & 0 \\ 1 & -\lambda & 0 \\ 0 & 1 & -\lambda \end{pmatrix}$$

ただし実数 λ, ε は、それぞれ $\lambda > 0, \varepsilon \geq 0$ なる関係式をみたすものとする。このとき以下の問に答えよ。

(1) 行列 A の固有値を求めよ。

(2) $\varepsilon > 0$ の場合に、右固有ベクトルと左固有ベクトルを各固有値ごとに求めよ。

III. 次に、この行列 A を用いて、実数 t に関する実関数 $u_i(t)$ ($i = 1, 2, 3$) がみたす連立微分方程式

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} u_1(t) \\ u_2(t) \\ u_3(t) \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} u_1(t) \\ u_2(t) \\ u_3(t) \end{pmatrix}$$

を考える。

(1) この微分方程式に対する $\varepsilon > 0$ の場合の一般解を求めよ。

(2) この微分方程式に対する $\varepsilon = 0$ の場合の一般解を求めよ。

平成 20 年度修士課程入学試験問題
 関連基礎科学系 基礎科目

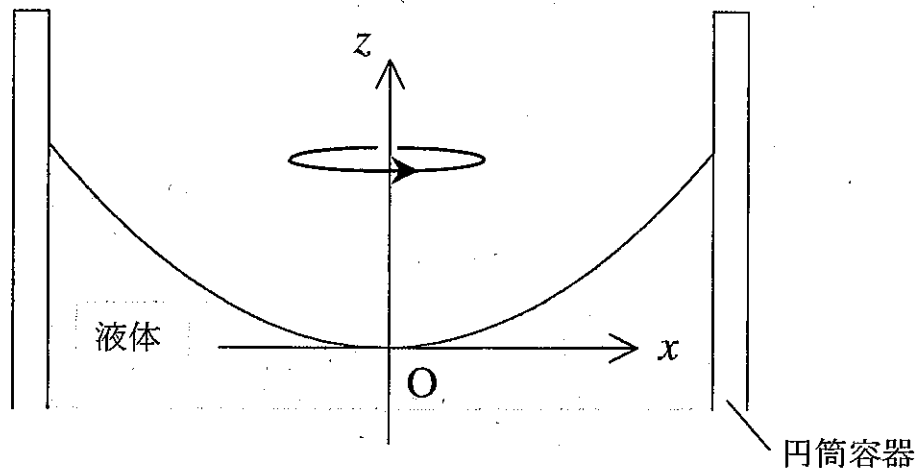
第 3 問 物理 (1)

円筒容器に入った液体が、鉛直方向と平行な中心軸のまわりに一定の角速度 (大きさ ω) で剛体的に回転している。液体が容器の縁をこえることはなく、液体の粘性は考慮しなくてよい。図に示すとおり鉛直上向きが z 軸の正の向きと一致するように直交座標系 $O-xyz$ (慣性系) を定め、重力加速度を g とする。以下の問いに答えよ。

- (1) 液面上の点 $(x, 0, z)$ の近傍の微小部分 (質量 m) を考え、 $x-z$ 平面における液面の接線方向の運動方程式を書け。ただし、液体の他の部分が微小部分におよぼす力は液面の法線方向を向くものとし、液面の法線と鉛直方向のなす角度 θ を用いよ。
- (2) $x-z$ 平面における液面の形状を表す曲線を $z = z(x)$ とする。 $\frac{dz}{dx}$ を θ で表せ。
- (3) (1), (2) より液面の形状が回転放物面 $z = \frac{\omega^2}{2g}(x^2 + y^2)$ となることを示せ。ただし、回転放物面の最も低い点を原点 O に一致させた。

つぎに液面が回転放物面の形状を保ったまま容器の液体を固化させた。(固化した物質は依然として大きさ ω の角速度で回転している。) 固化後も物質の体積は変化せず、かつ固化した物質の表面はなめらかであるとする。時刻 $t = 0$ において、この物質の表面上の点 $(x_0, 0, z_0)$ に質点 (質量 M) を置き、表面に沿って水平に y 軸の正の向きの初速度 (大きさ V_0) を与えた。ただし、質点の運動は円筒容器の内壁から離れたところで生じるものとする。

- (4) $x-y$ 平面への投影では、質点の運動が x, y 方向の独立な単振動の合成となることを示せ。
- (5) $x-y$ 平面に投影した軌跡の方程式を求めよ。
- (6) 質点が z 方向に単振動を行う時、その振動数は (4) の単振動の振動数の何倍か。
- (7) z を t の関数としてグラフに描け。ただし、 V_0 の値で場合分けをせよ。



平成 20 年度修士課程入学試験問題
 関連基礎科学系 基礎科目

第 4 問 物理 (2)

図 1 のように、一様な静磁場 B の下で、半径 a 、電気伝導度 σ の球形導体がゆっくり回転している。回転の角速度ベクトル ω は磁場の方向と直交する定ベクトルである。 $|B| = B$ 、 $|\omega| = \omega$ と表す。導体表面に分布した電荷が作る静電場を E とすると、導体内部の点 r における電流密度 j は $j = \sigma(v \times B + E)$ を満たす。導体内部で $\nabla \cdot E = 0$ が成り立つことと表面での電流密度の法線成分がゼロである (電流は導体表面に沿って流れる) こと

$$j \cdot n \Big|_{r=a} = 0, \quad n = r/r, \quad r = |\mathbf{r}|$$

から E は一意的に決まる。球形導体の中心を原点 O とし、磁場の向きを x 軸、角速度ベクトルの向きを z 軸とする右手系を座標系として用いる。以下の問いに答えよ。

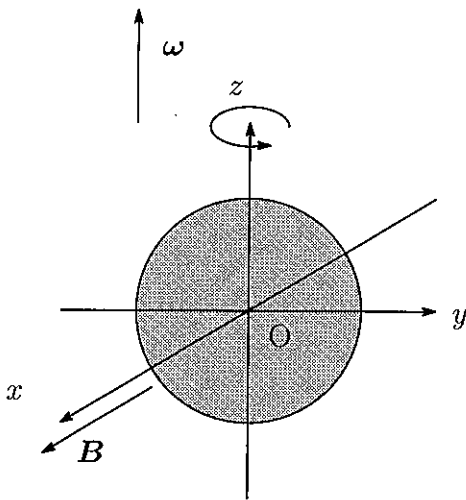


図 1

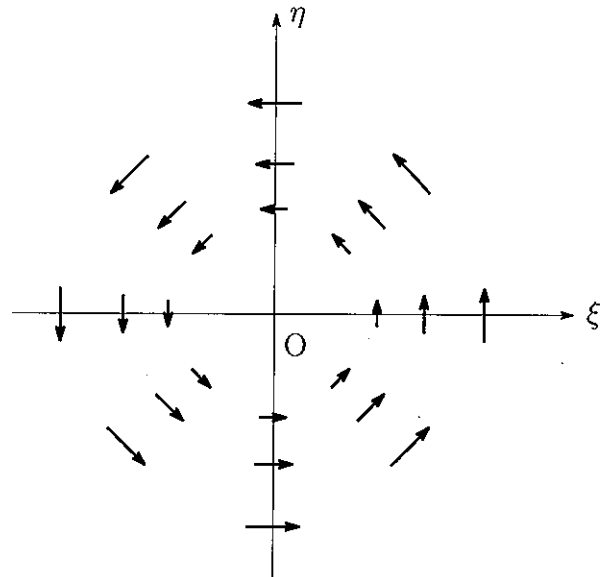


図 2

- (1) 導体内部の点 r における導体の速度 v を ω と r を用いて表せ。
- (2) 原点 $r = 0$ を除く導体内部の点 $r = (x, y, z)$ における $(v \times B) \cdot n$ を ω, B, x, y, z のうち必要なものを用いて表せ。ただし、ベクトルの公式

$$a \times (b \times c) = (a \cdot c)b - (a \cdot b)c$$

を用いてもよい。

- (3) 導体内部の電場が成分表示で $E = (Cz, 0, Cx)$ と表されると仮定し、定数 C を求めよ。
- (4) 図 2 は、原点を通るある断面における導体内部の電流密度 j を模式的に表したものである。 ξ 軸、 η 軸が x 軸、 y 軸、 z 軸のいずれかに一致するとして、 (ξ, η) の正しい組み合わせを以下から選べ。
 (ア) (x, y) (イ) (y, x) (ウ) (y, z) (エ) (z, y) (オ) (z, x) (カ) (x, z)

- (5) 導体全体で発生するジュール熱を求めよ。
- (6) 磁場が導体に及ぼすトルク (力のモーメント) の向きを答えよ。

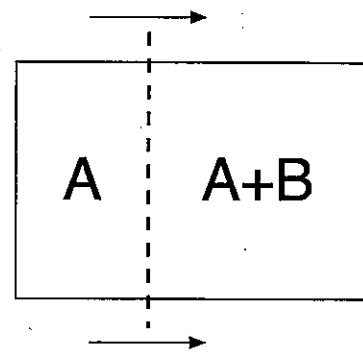
平成 20 年度修士課程入学試験問題
 相關基礎科学系 基礎科目

第 5 問 物理 (3)

体積 V の長方形の箱に 2 種類の液体 A, B が封入されており, 温度 T が一定に保たれた環境におかれている. A の物質量 (モル数) は N_A , B の物質量は N_B である. この混合液体のヘルムホルツ自由エネルギーを $F(T, V, N_A, N_B)$ と記す. $F(T, V, N_A, 0)$ は, 液体 A だけからなる純粋液体の自由エネルギーを表す. 気体定数を R とし, 化学反応は生じないものとする. 以下の問い I, II に答えよ.

I. $N_B \ll N_A$ の場合を考える. 液体 A は通過するが液体 B は通過できない十分に薄い半透膜を箱の左端にそっと挿入し, その膜をゆっくりと右方向に移動する. (図参照)

半透膜の右側部分の体積が V_0 になったところで半透膜を固定する. 最終状態では, 半透膜の右側部分に混合液体があり, 左側部分 (体積 $V - V_0$) に液体 A の純粋液体が N_1 だけ入っている. このとき, 以下の小問に答えよ.



(1) 混合液体の圧力は純粋液体の圧力より大きい. この圧力差 (浸透圧) を N_B, R, V_0, T を使って書け. 結果だけ記せばよい.

(2) 半透膜を移動する操作に必要な仕事 W を N_B, R, T, V_0, V を使って表せ.

(3) $F(T, V - V_0, N_1, 0), F(T, V_0, N_A - N_1, N_B), F(T, V, N_A, N_B)$, W の関係を記せ.

(4) $F(T, V, N_A, N_B)$ の関数形から N_1 を決める式を書け.

(5) $F(T, V, N_A, N_B) = F(T, V, N_A, 0) + N_B \phi(T, N_A/V, N_B/N_A)$ とおく. $N_B \ll N_A$ より, 半透膜の移動に伴う液体 A の密度変化が無視できると考える. すなわち, $\frac{N_A - N_1}{V_0} = \frac{N_A}{V}$ を第一近似として仮定する. このとき,

$$\phi(T, N_A/V, N_B/N_A) = \phi_A(T, N_A/V) + \phi_B(T, N_B/N_A)$$

と書くことができる. $-N_B \phi_B(T, N_B/N_A)/T$ は混合のエントロピーに相当する. $\phi_B(T, N_B/N_A)$ の N_B/N_A 依存性を導け.

II. 前問 I. と異なる設定を考える. まず, 箱全体を断熱材で囲み, A と B をほぼ同量含む混合液体を入れる. ついで, 液体 A は通過するが液体 B は通過できない半透膜を箱の左端にそっと挿入し, その膜をゆっくりと箱の真ん中まで移動する. さらに, 液体 B は通過するが液体 A は通過できない半透膜を箱の右端にそっと挿入し, その膜をゆっくりと箱の真ん中まで移動する. 最終状態では, 箱の右半分には液体 B だけが, 箱の左半分には液体 A だけがいっている. つまり, 混合液体が分離されたことになる. このとき, 以下の小問に答えよ.

(1) 最初の状態のエントロピー S_{init} と最終状態のエントロピー S_{fin} について, その関係を記せ. その理由も述べよ.

(2) 最初の温度 T と最終状態の温度 T_{fin} の大小関係を記せ. その理由も述べよ.

平成 20 年度修士課程入学試験問題
 相関基礎科学系 基礎科目

第 6 問 化学 (1) その 1

次の問 1~9 に答えよ。

共役二重結合を持つ 1,3-ブタジエンの π 電子の電子構造を、ヒュッケル近似で考える。炭素骨格の作る分子面に対して垂直方向を z 軸とし、それぞれの炭素原子の原子軌道 (p_z 軌道) を ϕ_i ($i=1, 2, 3, 4$) とする。分子軌道 ψ_k をこれらの線形結合

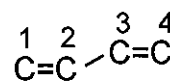


図 1 1,3-ブタジエンの構造を炭素骨格のみで示した。番号は、炭素原子を指定している。

$$\psi_k = \sum_i c_i \phi_i \quad (1)$$

で表し、 α をクーロン積分、 β を隣あう原子間の共鳴積分とする。変分法によって固有エネルギー ε_k および分子軌道を求めると、以下の 4 つが得られた。

$$\varepsilon_1 = \alpha - 1.62\beta \quad \psi_1 = 0.37\phi_1 - 0.60\phi_2 + 0.60\phi_3 - 0.37\phi_4 \quad (2)$$

$$\varepsilon_2 = \alpha - 0.62\beta \quad \psi_2 = 0.60\phi_1 - 0.37\phi_2 - 0.37\phi_3 + 0.60\phi_4 \quad (3)$$

$$\varepsilon_3 = \alpha + 0.62\beta \quad \psi_3 = 0.60\phi_1 + 0.37\phi_2 - 0.37\phi_3 - 0.60\phi_4 \quad (4)$$

$$\varepsilon_4 = \alpha + 1.62\beta \quad \psi_4 = 0.37\phi_1 + 0.60\phi_2 + 0.60\phi_3 + 0.37\phi_4 \quad (5)$$

- 分子軌道 ψ_k ($k=1, 2, 3, 4$) について、それぞれ炭素鎖の方向に対する節の数を答えよ。
- 分子軌道のエネルギー準位を図示せよ。また π 電子がどの準位に入るか、電子スピンの向きがわかるように図の中書き入れよ。
- 1,3-ブタジエンを電子基底状態から第一電子励起状態に光励起するために必要な光子のエネルギーを、 α 、 β を用いて表せ。

1,3-ブタジエンの π 電子が、共役鎖の中を自由に動き回ると考えれば、その π 電子の振る舞いは井戸型ポテンシャル中の自由粒子モデルで説明することができる。図 2 は、一次元の井戸型ポテンシャルを表す。一次元の井戸型ポテンシャル中の粒子の波動関数 $\psi_n(x)$ は、

$$\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{n\pi}{a} x \quad (n=1, 2, 3, \dots) \quad (6)$$

固有エネルギーは、

$$E_n = \frac{h^2 n^2}{8ma^2} \quad (7)$$

で与えられる。 h はプランク定数、 m は電子の質量を表す。

ここでは図 3 のような二次元の井戸型ポテンシャルを考える。以下の問に答えよ。

- この正方形の中の自由粒子のハミルトニアンを書け。
- 波動関数およびエネルギー固有値を、式(6), (7)を参考に記せ。
- エネルギーの最も低いものから 8 個の固有状態について、エネルギー準位図を記せ。

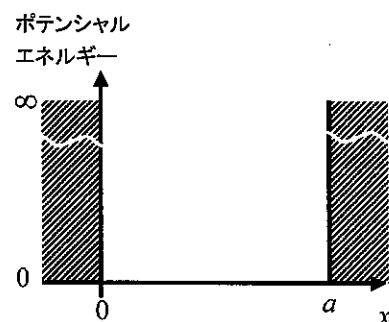


図 2 一次元の井戸型ポテンシャル

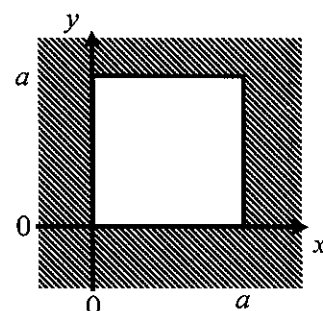


図 3 二次元の井戸型ポテンシャル。正方形の中のポテンシャルエネルギーは 0、外側は無限大とする。

平成 20 年度修士課程入学試験問題
相関基礎科学系 基礎科目

第 6 問 化学 (1) その 2

7. 二次元の井戸型ポテンシャルの井戸の大きさを, x 方向にだけ 2 倍に伸ばす. エネルギー固有値はどのように変化するか. エネルギーの最も低いものから 3 個の固有状態について, エネルギー準位図を 6. との違いがわかるように記せ.
8. 1,3-ブタジエンの共役鎖は分子面上に二次元的な広がりをもつ. そこで 1,3-ブタジエンの π 電子の振る舞いを二次元の井戸型ポテンシャル中の自由粒子モデルで考える. 二次元の井戸型ポテンシャルの分子軸方向の長さは 0.58 nm, それに直交する方向の長さはその半分以下であるとする. 1,3-ブタジエンを電子基底状態から第一電子励起状態に光励起するために必要な光子のエネルギーを eV 単位で求めよ. ただし, 計算には以下の値を用いよ.
- $$m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}, \quad h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ Js}, \quad 1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$
9. 8. で求められた励起エネルギーは, 実験値を比較的よく再現している. 3. の結果と比較し, ヒュッケル近似で得られた共鳴積分 β の値を求めよ.

平成 20 年度修士課程入学試験問題
 関連基礎科学系 基礎科目

第 7 問 化学 (2)

次の文章を読み、以下の問 1～6 に答えよ。

酸化還元滴定に用いるヨウ素標準液は、濃いヨウ化カリウム水溶液にヨウ素を溶解して調製する。これは、ヨウ素が水にはほとんど溶解しないが、濃いヨウ化カリウム水溶液にはよく溶けるためである。この水溶液中では、ヨウ素とヨウ化物イオンが反応し、三ヨウ化物イオン (I_3^-) が生成している。気相中のヨウ素の I—I 間結合距離は 2.67 Å (0.267 nm) であるが、三ヨウ化物イオンの I—I 間結合距離は 2.92 Å (0.292 nm) と長く、後者の I—I 間の結合の方が弱いことを示している。

1. ヨウ素標準液はチオ硫酸ナトリウム標準液を用いて標定する。この滴定反応では、次の反応式にしたがって酸化還元反応が起こる。



- 1) ヨウ素標準液 10.00 mL を滴定するのに、0.1000 mol/L のチオ硫酸ナトリウム標準液 10.25 mL を要した。ヨウ素標準液の濃度 [mol/L] を求めよ。
- 2) この滴定反応の終点はどのようにして検出するか書け。

2. ヨウ化カリウム水溶液にヨウ素を溶解して三ヨウ化物イオンが生成する際の反応式を書け。

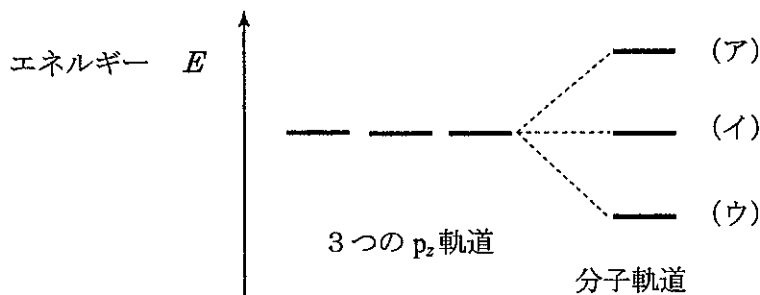
3. 三ヨウ化物イオンのルイス構造を書け。

4. 三ヨウ化物イオンの直線構造を VSEPR (原子価殻電子対反発) モデルに基づき説明せよ。

5. 三ヨウ化物イオンの結合を、結合軸を z 軸とした 3 つのヨウ素原子の $5p_z$ 軌道のみを用いて単純化して考えると、次の 3 つの分子軌道が得られる。



この 3 つの分子軌道に対応したエネルギー準位図を模式的に表すと次のようになる。



- 1) 分子軌道①～③はエネルギー準位 (ア)～(ウ) のどれに該当するか、記号で答えよ。
- 2) 準位図の分子軌道 (ア)～(ウ) は、(i) 結合性軌道、(ii) 反結合性軌道、(iii) 非結合性軌道のどれに該当するか、記号で答えよ。
- 3) 電子配置を、エネルギー準位図を描いて示せ。ただし、矢印を用いて電子スピンについても示すこと。
- 4) 三ヨウ化物イオンの I—I 間結合がヨウ素の I—I 間結合より弱いことを、電子配置から説明せよ。

6. 三ヨウ素イオン (I_3^+) の形を VSEPR モデルにより予想せよ。

平成 20 年度修士課程入学試験問題
 相関基礎科学系 基礎科目

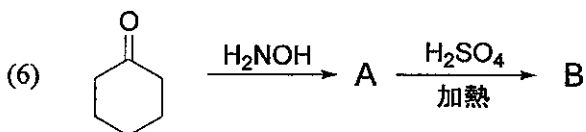
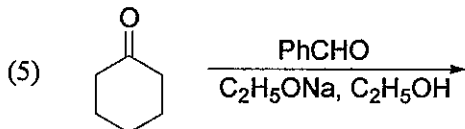
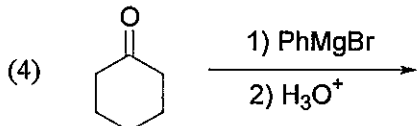
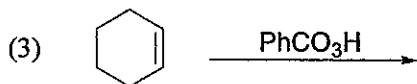
第 8 問 化学 (3)

以下の問題 1, 2 の両方に答えよ。

1. つぎの各組の化合物 A, B について, C に示した物性値の大きい (高い) ものを選び, それを選んだ理由を記せ。

| | A | B | C |
|-----|---|---|----------|
| (1) | | | 沸点 |
| (2) | | | 水に対する溶解度 |
| (3) | | | 酸性度 |
| (4) | | | 塩基性度 |
| (5) | | | 双極子モーメント |

2. つぎの反応(1)–(6)について, 主生成物を構造式で示せ. 反応(1)については, 反応機構も示せ. 反応(6)については, A, B の構造式とともに A → B の反応機構も示せ.



平成 20 年度修士課程入学試験問題
相関基礎科学系 基礎科目

第 9 問 生物学 (1)

次の文を読んで、以下の問 1～6 に答えよ。

[文]

(1) 光合成は、一般に、光のエネルギーを利用して、二酸化炭素から有機物を合成することとされているが、(2) 無機炭素に限らず イオンや硝酸イオンを還元して同化することも光合成とすることができる。このとき、光はどのような役割を果たしているのだろうか。植物の場合を例として考えてみよう。光によって最初におきる光化学反応では、光化学系の反応中心を構成する分子に電荷分離が生ずる。いわば太陽電池と同じような反応が、光合成生物の中でおこっている。このとき、反応中心だけで光を吸収するのでは効率が悪く、反応中心を無駄なく最大限働かせるためには、(3) 何らかの形で光を反応中心に集めるしくみが必要である。分離したプラスの電荷（正孔）とマイナスの電荷（電子）は、それぞれ速やかに次の酸化還元物質に渡され、その後、光合成膜に含まれる酸化還元物質の間を次々に受け渡され、最後にそれぞれ、 NADP^+ の還元と の酸化に利用される。(4) いわば、太陽電池を使って発電し、それによって、 / 酸素および $\text{NADPH}/\text{NADP}^+$ という 2 つの半電池からできた可逆電池の充電を行っていることになる。その後、この NADPH の還元力は などの合成に用いられる。光合成では、さらに酸化還元物質の間での一連の 反応の過程で、(5) 光リン酸化が行われる。電気回路の途中でさらにエネルギーを取り出して、別に蓄えていることになる。

問 1. 文中の ～ に当てはまる適当な語句を書きなさい。

問 2. 下線部(1)について、光合成による二酸化炭素からグルコースの合成を表す化学反応式を書きなさい。なお、光合成細菌を含む一般的な場合を考えて、電子供与体は H_2X と表すこと。生成した X についてはどのように表してもよい。

問 3. 下線部(2)について、硝酸イオンが光合成による還元力によってアンモニウムイオンに還元される場合、二段階で還元される。中間に生成されるイオンは何か。また、それぞれの段階の反応を触媒する酵素をあげ、植物細胞におけるそれぞれの細胞内局在を述べよ。

問 4. 下線部(3)について、弱い光のもとでも光をうまく集め、光合成の反応を効率よく進めるしくみについて説明せよ。

問 5. 下線部(4)について、光化学系に吸収された光のエネルギーのうちの何%が、ここでいう可逆電池に供給されることになるか。有効数字 2 桁で答えよ。なお、光化学系 1 と光化学系 2 が吸収する光子のエネルギーをそれぞれ 1.77, 1.83 eV とし、2 つの半電池 $\text{NADPH}/\text{NADP}^+$ と / 酸素の pH7 における標準酸化還元電位を、それぞれ、 $-0.34, +0.82 \text{ V}$ とする。なお、1 V の電位差に逆らって電子を運ぶ時の仕事が 1 eV である。

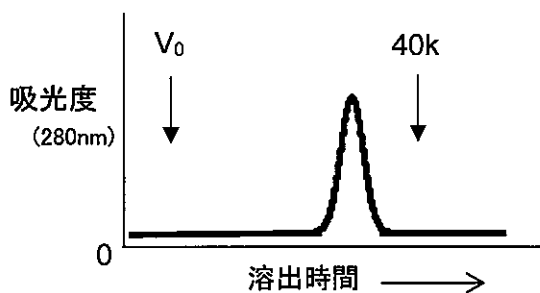
問 6. 下線部(5)について、 によって得られるエネルギーを、光リン酸化のために一時的に保持する際のエネルギーの形態について説明せよ。

平成 20 年度修士課程入学試験問題
 相関基礎科学系 基礎科目

第 10 問 生物学 (2)

真核細胞の細胞骨格に関する以下の問に答えよ。

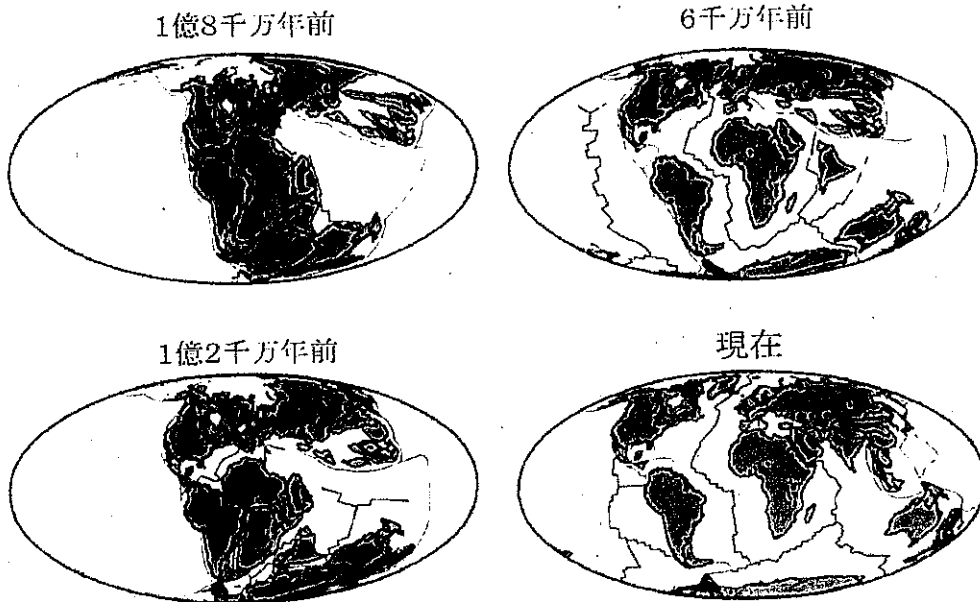
- (1) 細胞骨格には 3 種類の異なるフィラメント構造がある。このうち、微小管以外の 2 種類について、その名称とフィラメントの極性の有無について記せ。
- (2) 細胞骨格のフィラメント構造に極性が存在することは、細胞のどのような機能に関連しているだろうか。3 行程度で述べよ。
- (3) 動物の培養細胞 (たとえば HeLa cell) の分裂間期の外形を描き、細胞の核と中心体、および微小管の配向を図示せよ。また、微小管のプラス端の位置を+で示せ。
- (4) 分裂中期の細胞内の染色体と動原体、および微小管の配向を図示せよ。また、微小管のプラス端の位置を+で示せ。
- (5) 細胞内の微小管と相互作用する因子の遺伝子として、遺伝子 E が同定された。SiRNA により遺伝子 E をノックダウンした分裂間期の細胞では、細胞内の微小管の本数が顕著に減少していた。遺伝子 E に GFP (緑色蛍光タンパク質) の遺伝子をつないで細胞内で発現させて観察したところ、蛍光の局在が微小管のプラス端とほぼ一致していた。これらの結果から、遺伝子 E の産物 (タンパク質 E) にはどのような機能があると推察できるか。
- (6) 遺伝子 E を大腸菌で発現させ、タンパク質 E を精製することができた。SDS ポリアクリルアミドゲル電気泳動でこのタンパク質 E のバンドは約 31k の位置に現われた。下図はこのタンパク質 E をゲルろ過した結果である。ボイド体積 (V_0) と分子量マーカータンパク質 (40k) の溶出位置を矢印で示した。このタンパク質 E の分子量と分子の形状についてどのようなことが考えられるか。考えられる可能性を複数あげて議論せよ。



平成 20 年度修士課程入学試験問題
 相関基礎科学系 基礎科目

第 11 問 地学 (1)

下の図は、過去 1 億 8 千万年間の大陸移動と、プレート境界の位置を示したものである。
 この図を見て以下の問いに答えよ。ただし、地球の半径は 6400km とせよ。



(1) この図から、ホットスポット系に対するプレート速度はおおよそどれくらいか cm/yr の単位で見積もれ。

(2) 問 (1) で求めた値に基づき、(a) マントル対流の運動エネルギー、および、(b) マントル対流によりマントル全体で粘性散逸により消費されるエネルギーはおおよそどれくらいかワット (W) の単位で見積もれ。また、(a)、(b) のエネルギーは、固体地球が外界に解放する熱エネルギーの何パーセントにあたるか見積もれ。ただし、必要なら以下の値を用いよ。

マントルの粘性率 = $10^{21} N \cdot sec / m^2$ 、マントルの質量 = $4 \times 10^{24} kg$ 、

典型的な地殻熱流量 = $90 mW / m^2$ 、コア半径 = $3500 km$ 、1 年 = 3×10^7 秒

(3) チベット高原はおおよそ 2 千万年前から隆起を始め現在の高さになった。簡単のため、この高原は東西 $3000 km$ ・南北 $1000 km$ ・高さ $5 km$ の直方体の形をしており、2 千万年間一様な速度で隆起したとせよ。この間にチベット高原が獲得したポテンシャルエネルギーは、同じ期間中に、(a) 固体地球が外界に解放した熱エネルギーの何%にあたるか、(b) 沈み込んだプレートが解放した重力ポテンシャルエネルギーの何%にあたるか、問 (2) の結果を用いて見積もれ。ただし、岩石の密度 = $3000 kg / m^3$ とせよ。

平成 20 年度修士課程入学試験問題
相関基礎科学系 基礎科目

第 12 問 地学 (2)

地球大気について以下の設問に答えよ。

1. 地球大気組成と金星大気組成との間の主な相違点を記述せよ。
2. 地球大気組成が金星大気組成と異なる理由を説明せよ。
3. 誕生直後の地球型惑星一般の大気の起源を説明せよ。
4. 「暗い太陽のパラドックス」を説明せよ。

平成 20 年度修士課程入学試験問題
相関基礎科学系 基礎科目

第 13 問 科学史・科学哲学

科学はなぜ成功すると言えるだろうか。科学の成功について、
科学史的ないし科学哲学的な観点から論ぜよ。