

平成22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 専門科目

(平成21年8月25日 15:15~18:15)

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26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14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7問	化学(2)	○ ○ ○ ○	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 専門科目

目次

第1問	数学	1~2
第2問	物理学(1)	3
第3問	物理学(2)	4
第4問	物理学(3)	5
第5問	物理学(4)	6
第6問	化学(1)	7~9
第7問	化学(2)	10~11
第8問	化学(3)	12~13
第9問	化学(4)	14~20
第10問	生物学	21~22
第11問	科学史・科学哲学(1)	23
第12問	科学史・科学哲学(2)	24
第13問	科学史・科学哲学(3)	25
第14問	科学史・科学哲学(4)	26

平成22年度修士課程入学試験問題
相関基礎科学系 専門科目

第1問 数学 その1

A または B のどちらか 1 題 を選択し、それに解答せよ。

- A、B のどちらを選択したかを明示すること。
- 複数を選択した場合は、無効とする。

A (選択問題)

n を 2 以上の自然数とし、 $n \times n$ 行列 P を

$$P = \begin{pmatrix} & 1 & & & \\ & & 1 & & \\ & & & \ddots & \\ & & & & 1 \\ 1 & & & & \end{pmatrix}$$

とする。すなわち、 P の i 行 j 列の要素 $(P)_{ij}$ が、

$$(P)_{ij} = \begin{cases} \delta_{i+1,j} & (i = 1, 2, \dots, n-1) \\ \delta_{1,j} & (i = n) \end{cases}$$

で定義されている。ここで $\delta_{i,j}$ は Kronecker のデルタ記号である。また、 $n \times n$ 単位行列を I とする。すなわち、 $(I)_{ij} = \delta_{i,j}$ である。実数 x に対して $n \times n$ 行列 $A(x)$ を、

$$A(x) = xI + (1-x)P$$

と定義するとき、以下の問いに答えよ。

- (1) 行列 $A(x)$ は、すべての x に対して固有値 1 をもつことを示せ。
- (2) $x \neq 1$ のとき、行列 $A(x)$ と可換な $n \times n$ 実行列の一般形を、 I, P 等を用いて表せ。
- (3) 行列式 $\det(A(x))$ を求めよ。
- (4) 行列 $A(x)$ が逆行列を持つための必要十分条件を求めよ。
- (5) 前問の条件がみたされているとき、 $A(x)$ の逆行列を求めよ。
- (6) x が、 $0 < x < 1$ の範囲にあるとき、任意の n 次元実ベクトル \vec{v} に対して、

$$\lim_{N \rightarrow \infty} A(x)^N \vec{v} = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} P^k \vec{v}$$

が成り立つことを示せ。

第1問 数学 その2

B (選択問題)

I. 以下の問いに答えよ。

- (1) Cauchy の積分定理を用いて、実軸上の閉区間 $[a, b]$ を含む複素領域で正則な複素関数 $f(z)$ の区間 $[a, b]$ の定積分は、以下の様に複素経路積分表示することができることを示せ。

$$I = \int_a^b f(x) dx = \frac{1}{2\pi i} \int_C f(z) \ln \left(\frac{z-a}{z-b} \right) dz$$

ここで、積分経路 C は、区間 $[a, b]$ を取り囲み、その内部では $f(z)$ は正則であるような単純閉曲線とし、その向きは反時計回りにとる。また、複素数 z にたいし、 $\ln z = \ln |z| + i \arg z$ であり、 $0 \leq \arg z < 2\pi$ とする。

- (2) 上問の公式を用いて、積分

$$I = \int_0^1 \frac{1}{x^3 + 1} dx$$

の値を計算せよ。

II. 次に、無限級数の和で定義された複素関数

$$f(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \frac{e^{i\omega_n \eta}}{i\omega_n - z} \quad (*)$$

を考える。ここで、 $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ 、 η は実数で $0 < \eta < 1$ とし、 $\operatorname{Re} z > 0$ とする。但し、 $\operatorname{Re} z$ は z の実部とする。また、右辺の無限級数和は、以下では収束しているものとする。

- (3) $\omega_n = 2n\pi$ のとき、この無限級数和は有理型関数

$$g(z) = \frac{1}{e^z - 1}$$

を導入すると、

$$f(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_C dz' g(z') \frac{e^{z'\eta}}{z' - z}$$

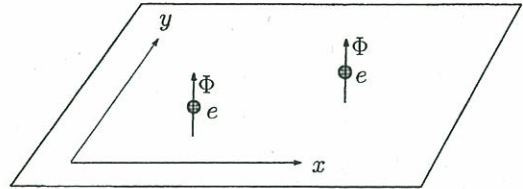
と表される事を示せ。ここで、積分経路 C は虚数軸の右側を $z' = \epsilon - i\infty$ から $z' = \epsilon + i\infty$ まで直線に沿って上向きにたどる経路 C_+ と、虚数軸の左側を $z' = -\epsilon + i\infty$ から $z' = -\epsilon - i\infty$ までやはり直線に沿って下向きにたどる経路 C_- を組み合わせたもので、 ϵ は $0 < \epsilon < \operatorname{Re} z$ をみたす実数にとる。

- (4) 上問で得られた積分で、経路 C_- に沿った積分を、積分経路を変更する事により、計算せよ。計算に用いた積分経路、その変更の根拠を説明せよ。
- (5) 同様に、経路 C_+ に沿った積分を、積分経路を変更する事により、計算せよ。計算に用いた積分経路、その変更の根拠を説明せよ。
- (6) $\omega_n = (2n + 1)\pi$ のとき、同様な方法で $(*)$ の $f(z)$ を計算せよ。

平成22年度 修士課程入学試験問題
 関連基礎科学系 専門科目

第2問 物理学 (1)

2次元 x - y 平面上に、質量 M 、電荷 e 、および z 軸方向に貫く直線状の一定の磁束 Φ を持った同種粒子2個からなる系がある(図参照)。以下では、粒子1、2の位置ベクトルをそれぞれ \vec{r}_1, \vec{r}_2 とし、相対位置ベクトルを $\vec{r} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2$ とする。また、電磁相互作用としては、粒子1の電荷と粒子2の磁束(およびその逆)の間の相互作用のみ考え、電荷間に働くクーロン相互作用を無視するものとする。



- (1) 粒子2の磁束が粒子1の位置に作るベクトルポテンシャル $\vec{A}(\vec{r})$ を求めよ。
- (2) 電磁気的な力の他に、力学的ポテンシャル $(M\omega^2/4)(\vec{r}_1 - \vec{r}_2)^2$ による力が働いている場合、系のラグランジアンが次式で与えられることを示せ。

$$L = \frac{M}{2} \left(\frac{d\vec{r}_1}{dt} \right)^2 + \frac{M}{2} \left(\frac{d\vec{r}_2}{dt} \right)^2 - \frac{M\omega^2}{4} (\vec{r}_1 - \vec{r}_2)^2 + \frac{e\Phi}{\pi} \frac{d\varphi}{dt}$$

ここで φ は相対位置ベクトル \vec{r} が x 軸となす角度を表す。

- (3) L の最後の項はこの系の古典的な振る舞いに対してどのような役割を果たすか。簡潔に述べよ。

以下では重心運動と相対運動を分離し、相対運動のみに着目する。

- (4) 相対運動を記述する量子力学的ハミルトニアンを \vec{r} に関する平面極座標表示で求めよ。必要ならば、2次元のラプラシアンを極座標表示

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2}$$

を用いてよい。(r は \vec{r} の大きさを表す。)

- (5) 系の定常状態の波動関数 $\psi(r, \varphi)$ を $f(r)g(\varphi)$ の形に変数分離して求めたい。 φ の共役運動量 p_φ の固有値が $m\hbar$ である状態に対して、波動関数が粒子1と粒子2の入れ替えに対して変わらないことを要請すると、 m はどのような値をとるか。

- (6) $f(r)$ に対する動径方向の波動方程式を、次の量を用いてなるべく簡単な形に書き表せ。

$A \equiv m - (\Theta/\pi)$ 、 $\Theta \equiv e\Phi/\hbar$ 、 $B \equiv M\omega/(2\hbar)$ 、 $\epsilon = ME/\hbar^2$ 。(E はエネルギーを表す。) 次に、 $f(r)$ を次の形におき、 $h(r)$ の原点付近の振る舞いを考慮しながら解析することにより、エネルギー準位を求めよ。

$$f(r) = e^{-\frac{1}{2}Br^2} h(r)$$

- (7) $\Theta = 0$ のときの下から二つのエネルギー準位が、 Θ を 2π まで変化させて行くとどのように変わるかを、準位の縮退度にも注意して図示せよ。

平成 22 年度修士課程入学試験問題
 相関基礎科学系 専門科目

第 3 問 物理学 (2)

自由フェルミ粒子系の熱容量およびエントロピーの温度依存性について以下の問いに答えよ。
 単位体積当たりの一粒子状態密度が $D(\varepsilon)$ で与えられるとし、ボルツマン定数を k_B とする。

I. 体積 V と化学ポテンシャル μ が一定の下での熱容量 $C_{V,\mu}(T)$ を

$$C_{V,\mu}(T) = k_B V \int_{-\infty}^{\infty} d\varepsilon D(\varepsilon) g(\varepsilon, \mu, T)$$

の形式で書いたとすると $g(\varepsilon, \mu, T)$ はどのような関数形になるか。 T は温度を表す。

II. 体積 V と粒子数 N が一定の下での熱容量 $C_{V,N}(T)$ を求めよう。そのために化学ポテンシャルの温度依存性を

$$\frac{N}{V} = \int_{-\infty}^{\infty} d\varepsilon \frac{D(\varepsilon)}{\exp((\varepsilon - \mu)/(k_B T)) + 1}$$

から求める。話を単純にするために、以下の設問では単位体積当たりの一粒子状態密度が

$$D(\varepsilon) = \gamma \theta(\varepsilon), \quad \theta(\varepsilon) = \begin{cases} 1 & (\varepsilon \geq 0) \\ 0 & (\varepsilon < 0) \end{cases}$$

で与えられるものとする。ここで γ は ε によらない正の物理量を表す。

- (1) $T = 0$ における化学ポテンシャルの値 μ_0 を求めよ。
- (2) $k_B T \ll \mu_0$ が成り立つとき、化学ポテンシャルの温度依存性は無視できることを示せ。
- (3) $k_B T \ll \mu_0$ が成り立つとき、 $C_{V,N}(T)$ が γT に近似的に比例することを説明せよ。
- (4) 熱容量 $C_{V,N}(T)$ が $\alpha k_B^2 V \gamma T$ で与えられるとき、エントロピーの表式を求めよ。ここで α は無次元定数である。

III. 近年、さまざまな操作性を持った量子系が実現している。以下の設問では、 $D(\varepsilon)$ が

$$D(\varepsilon) = \gamma \theta(\varepsilon) + \gamma' \theta(\varepsilon - \Delta), \quad \gamma' (> \gamma) \text{ は } \varepsilon \text{ によらない正の物理量}$$

で与えられる自由フェルミ粒子系において、一粒子状態密度のしきい値 Δ を操作できるとして、その熱力学的性質を考えよう。 Δ を等温的または断熱的に $\Delta_i (> 0)$ から $\Delta_f (< 0)$ まで変化させるものとし、かつ始状態および終状態において $k_B T \ll \mu_0 \ll \Delta_i, |\Delta_f|$ が成り立つものとする。

- (1) V, N, T 一定の下で Δ を変化させるとき、エントロピー S は増えるか減るか。
- (2) V, N 一定の下で Δ を断熱的にゆっくりと変化させるとき、温度は上がるか下がるか。
- (3) 設問 III(1) および (2) の結果について物理的に考察せよ。

平成 22 年度修士課程入学試験問題
 相関基礎科学系 専門科目

第 4 問 物理学 (3)

鏡の材料として用いられる銀やアルミニウムといった金属は、可視光の領域では高い反射率を示すが、紫外線の領域では一般に反射率が極端に低下する。例として図 1 に垂直入射時の銀の反射特性を示す。このような金属の反射特性を説明するために、電磁波に対する金属中の伝導電子の応答を自由電子モデルで考える。

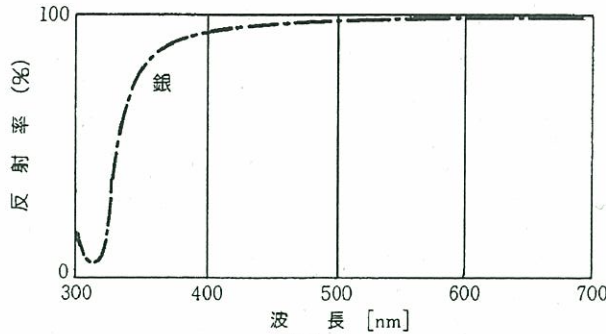


図 1

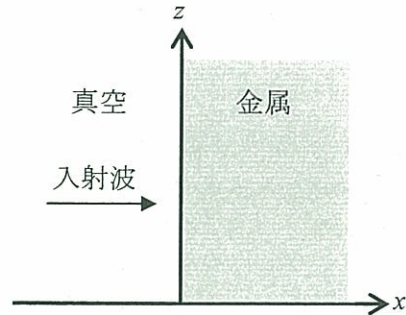


図 2

- (1) 振動電場 $E = E_0 \hat{z} \exp(-i\omega t)$ (\hat{z} は z 軸正の方向の単位ベクトル) がかけられた金属中の自由電子 (電荷 $-e$ 、質量 m) の速度 \mathbf{v} が満たす運動方程式を書き下せ。ただし、自由電子は速度に比例する減衰力 $-m\mathbf{v}/\tau$ (τ は緩和時間) を受けるものとする。
- (2) $\mathbf{v} = v_0 \hat{z} \exp(-i\omega t)$ において、設問(1)の運動方程式の解を求めよ。
- (3) 設問(2)の解答より、金属中の電流密度 \mathbf{j} と振動電場 \mathbf{E} には線形関係 $\mathbf{j} = \sigma \mathbf{E}$ (σ は複素電気伝導度) があることがわかる。金属中の自由電子の密度を N として、 σ を求めよ。
- (4) 単位時間、単位体積あたりに振動電場が自由電子になす仕事 (ジュール熱) を求めよ。
- (5) マクスウェル方程式より、金属中の電場は以下の波動方程式に従うことを示せ。

$$\nabla^2 \mathbf{E} = \mu_0 \sigma \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2}$$

ただし、金属の (自由電子からの寄与を除いた) 誘電率および透磁率は、それぞれ真空の値 (ϵ_0 および μ_0) に等しいとする。恒等式 $\nabla \times (\nabla \times \mathbf{A}) = \nabla(\nabla \cdot \mathbf{A}) - \nabla^2 \mathbf{A}$ を用いよ。

- (6) 図 2 のように x 軸正の方向に進行し、 z 軸方向に直線偏光した電磁波が、真空中から金属に垂直入射している状況を考える。金属中に進入した電磁波の電場は $\mathbf{E}(x, t) = E_0 \hat{z} \exp[i(kx - \omega t)]$ と表すことができる。 k は一般に複素数である。金属中における k と角周波数 ω の関係式 (分散関係) を求めよ。
- (7) 金属の電気伝導度の測定値から、 $1/\tau$ の値は 10^{14} s^{-1} のオーダーであることがわかっている。可視光や紫外線の領域では $\omega \gg 1/\tau$ であることを定量的に示せ。
- (8) $\omega \gg 1/\tau$ であるなら、金属中の電磁波の分散関係は $k = k_0 \sqrt{1 - (\omega_p / \omega)^2}$ (k_0 は真空での波数) と近似できる。 ω_p を求めよ (ω_p はプラズマ角周波数と呼ばれる)。また、金属中の電磁場の伝播の様子を $\omega < \omega_p$ 、 $\omega > \omega_p$ それぞれの場合について定性的に説明せよ。
- (9) $\omega \gg 1/\tau$ であるなら、金属中における電磁波の吸収は無視できることを簡潔に示せ。必要ならば、設問(4)の解答を参考にせよ。
- (10) 設問(8)、(9)の結果をもとに、図 1 の反射特性を定性的に説明せよ。

平成 22 年度修士課程入学試験問題
 相関基礎科学系 専門科目

第 5 問 物理学 (4)

結晶中の 1 電子エネルギー固有状態はブロッホ状態と呼ばれ、波動関数が $\psi_{\vec{k}}(\vec{r}, t) = e^{i(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega_{\vec{k}} t)} u(\vec{r})$ の形であらわされる。ただし、 $u(\vec{r})$ は結晶格子の周期を持つ関数であり、 $\omega_{\vec{k}}$ はエネルギー固有値 $\varepsilon_{\vec{k}}$ によって $\hbar\omega_{\vec{k}} = \varepsilon_{\vec{k}}$ で与えられる。

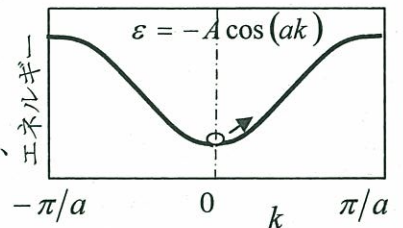
ブロッホ状態は、結晶運動量 $\hbar\vec{k}$ が厳密に定まり、空間的には結晶全体に広がった電子の波を表しているが、現実の電子は多くの場合、ある結晶運動量 $\hbar\vec{k}$ のまわりに $\hbar\Delta\vec{k}$ の小さな不確定さを持ち、同時に位置 \vec{r} のまわりに $\Delta\vec{r}$ の不確定さを持つ波束として存在する。

- (1) 波束の速度が $\vec{v}_g = (1/\hbar)\vec{\nabla}_{\vec{k}}\varepsilon_{\vec{k}}$ で与えられることを示したい。簡単のために 1 次元で考えることにし、 $g(k)$ を狭い区間 ($|k| < \Delta k$) でのみ有意の大きさを持つ正の偶関数として

$\psi_W(x, t) = \int_{-\infty}^{\infty} g(k)\psi_{k_0+k}(x, t) dk$ を考える。 $\omega_{k_0+k} = \omega_{k_0} + (\partial\omega_k/\partial k)_{k_0} k$ と近似することにより、この関数が $\psi_W(x, t) = F(X)\psi_{k_0}(x, t)$ の形 (ただし $X = x - (\partial\omega_k/\partial k)_{k_0} t$) で表されることを導け。このことにより、この関数が $\Delta x = 2\pi/\Delta k$ 程度の広がりを持って速度 $v = (1/\hbar)(\partial\varepsilon_k/\partial k)_{k_0}$ で移動する波束を表すことを示せ。

- (2) 電場 E による波束の自由加速が $\hbar(d\vec{k}/dt) = -e\vec{E}$ ($e > 0$) で与えられることを、電場のなす仕事を考慮することにより示せ。ただし波束の速度は $\vec{v}_g = (1/\hbar)\vec{\nabla}_{\vec{k}}\varepsilon_{\vec{k}}$ で与えられるとしてよい。

右図のように格子定数 a の絶縁体結晶において、 x 方向の波数 k によるエネルギーの分散が $\varepsilon = -A\cos(ak)$ ($A > 0, -\pi/a \leq k \leq \pi/a$) で与えられる伝導帯を考える。バンドギャップに等しいエネルギーの励起光により、伝導帯の底に電子を一つ励起した。



- (3) 光を結晶に照射する際、焦点を絞って直径 $d = 1 \mu\text{m}$ の領域に広がる波束として電子を励起した。その波束が持つ波数の不確定さは、ブリルアン・ゾーン ($-\pi/a \leq k \leq \pi/a$) の大きさに比べてどの程度か？ ただし、 $a = 0.1 \text{ nm}$ とする。

結晶の $-x$ 方向に大きさ E の一様な電場がかかっている状態で、時刻 $t = 0$ に上記のように伝導帯の底に電子を励起した。

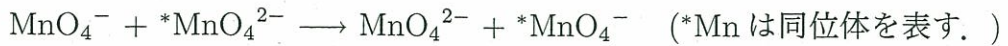
- (4) 電子はどんな運動をするか。時刻 t における電子の x 方向の速度 $v(t)$ および位置 $x(t)$ を求め、電子のブリルアン・ゾーンの端近傍での振る舞いについて簡潔に説明せよ。
- (5) $k = 0$ を出発した電子がブリルアン・ゾーンの端 ($k = \pi/a$) に達するのに要する時間を求めよ。その値を、 $E = 1 \times 10^4 \text{ V/cm}$ 、 $a = 0.1 \text{ nm}$ 、 $\hbar = 1 \times 10^{-34} \text{ Js}$ として有効数字 1 桁で求めよ。
- (6) 固体物理学の長い歴史のなかで、上記の運動を実現する試みが繰り返し行われてきたが、天然結晶ではいまだに実現していない。繰り返し試みられてきた理由を、(5) の結果を参考に考えよ。またなぜ実現が難しいのか。考えを記せ。

平成 22 年度修士課程入学試験問題
 相関基礎科学系 専門科目

第 6 問 化学 (1) その 1

次の問 I~III に答えよ。

I. 対称な電荷移動反応



の反応速度は二次の速度式

$$\frac{d}{{dt}}[{}^*\text{MnO}_4^{2-}] = -k[{}^*\text{MnO}_4^{2-}][\text{MnO}_4^-] \quad (1)$$

に従う。ただし、 k は反応速度定数である。初期濃度

$$[{}^*\text{MnO}_4^{2-}]_0 = 2.9 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$$

$$[\text{MnO}_4^-]_0 = 4.0 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

で反応を開始し、 ${}^*\text{MnO}_4^{2-}$ の濃度の時間変化を測定したところ、指数関数的減衰を示し、その半減期 $t_{1/2}$ は 0.25 s であった。速度定数 k の値を求めよ。ただし、 MnO_4^- は大過剰に存在するため、その濃度の減少は無視してよい。また、 $\log_e 2 = 0.69$ とする。

II. 極性溶媒中に溶解したイオンの周囲では、図 1 に示したように溶媒分子が静電エネルギーを低下させるような分子配向でイオンを取り囲む。これを溶媒和と呼ぶ。溶媒和による安定化自由エネルギー ΔG_s は、図 2 に示した熱力学サイクルにより計算できる。

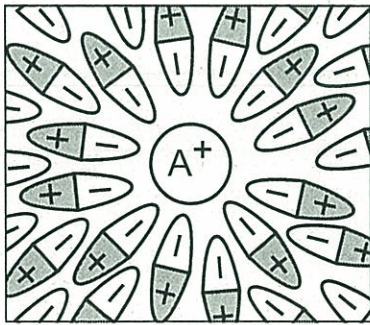


図 1

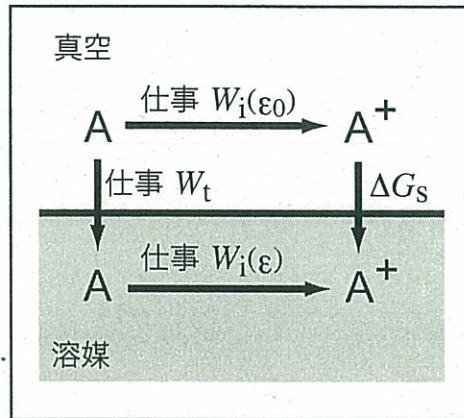


図 2

溶媒を一様な誘電体と考える。誘電率 ϵ の媒質中で、中性分子 A を q 価の陽イオン A^{q+} または陰イオン A^{q-} とするのに必要な仕事は

$$W_i(\epsilon) = \frac{(qe)^2}{8\pi\epsilon R} \quad (2)$$

平成 22 年度修士課程入学試験問題
 相関基礎科学系 専門科目

第 6 問 化学 (1) その 2

で与えられる。ただし、 e は素電荷、 R は A^{q+} または A^{q-} のイオン半径を表す。次の問に答えよ。

- (1) 次の 4 つの溶媒のうち極性溶媒であるものはどれか答えよ。
 アセトニトリル、四塩化炭素、ジクロロメタン、ベンゼン
- (2) 溶媒和自由エネルギー ΔG_s を、式 (2) および図 2 の中で定義した $W_i(\epsilon_0)$ 、 $W_i(\epsilon)$ および W_t で表せ。ただし、 ϵ_0 は真空の誘電率である。
- (3) 下表の数値を用いて、水溶液中の Na^+ イオン 1 モルあたりの ΔG_s を求めよ。ただし、 W_t の値は小さいため無視してよい。

素電荷 e	$= 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$
真空の誘電率 ϵ_0	$= 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ J}^{-1} \text{ m}^{-1}$
$(4\pi\epsilon_0)^{-1}$	$= 9.00 \times 10^9 \text{ J m C}^{-2}$
アボガドロ定数 N_A	$= 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
水の誘電率 ϵ	$= 78.5\epsilon_0$
Na^+ のイオン半径 R	$= 0.16 \text{ nm}$

III. 極性溶媒中の電荷移動反応では、イオンの価数の変化に従い、溶媒和の再配列が起こる。例えば、反応 $A+B^+ \rightarrow A^++B$ では、図 3 に示したように、反応物 $A+B^+$ を安定化する構造の溶媒和が、生成物 A^++B を安定化する構造へ変化する。

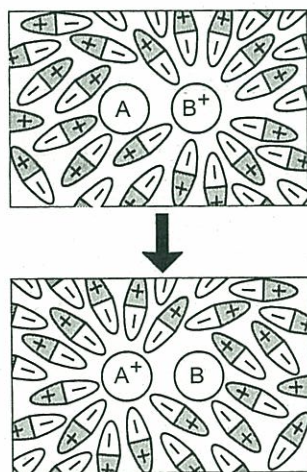


図 3

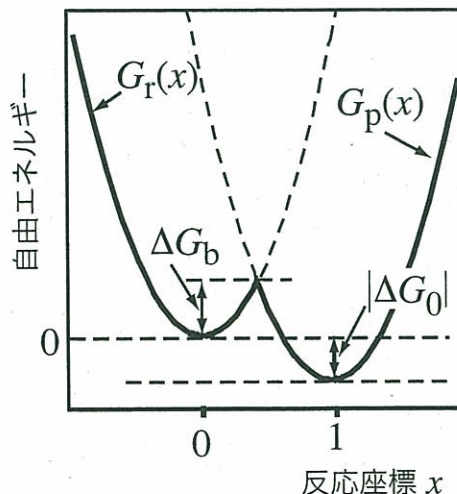


図 4

次のような簡単なモデルを考える。すなわち、溶媒配列の変化を表す座標 x

平成 22 年度修士課程入学試験問題
相関基礎科学系 専門科目

第 6 問 化学 (1) その 3

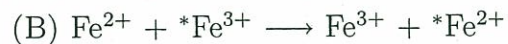
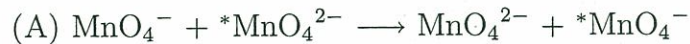
を考える。座標 x は電荷移動反応の反応座標の役割を果たす。系の自由エネルギーを反応座標 x の関数として表すと、そのグラフは図 4 の太線のようになるとする。ただし、 $x = 0$ は反応物 ($A+B^+$) を、 $x = 1$ は生成物 (A^++B) を表す。図 4 のグラフは、2 つの 2 次曲線

$$G_r(x) = \lambda x^2 \quad (3)$$

$$G_p(x) = \lambda(x-1)^2 + \Delta G_0 \quad (4)$$

からなるとする。ただし、 ΔG_0 は反応物と生成物の自由エネルギー差、 $\lambda (> 0)$ は溶媒和の強さを表すパラメータである。電荷移動反応の自由エネルギー障壁は図 4 の ΔG_b に相当する。次の問に答えよ。

- (1) ΔG_b を λ および ΔG_0 で表す式を書き下せ。
- (2) ΔG_b を λ の関数と考えたときのグラフを図示せよ。
- (3) 水溶液中における二つの対称電荷移動反応



(${}^*\text{Mn}$ および ${}^*\text{Fe}$ は同位体を表す。)

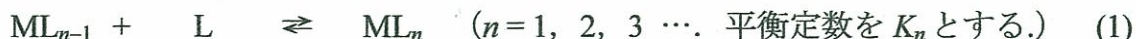
を考える。反応 (A) の速度定数の実測値は反応 (B) の約 1000 倍である。この実験事実を、(i) ΔG_b の値の大小関係、(ii) λ の値の大小関係、および (iii) 関与しているイオンの溶媒和の強さの違い、の 3 つの点から定性的に説明せよ。

平成 22 年度修士課程入学試験問題
 相關基礎科学系 専門科目

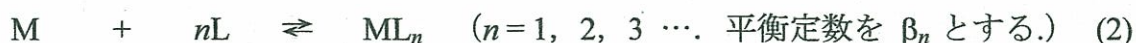
第 7 問 化学 (2) その 1

水溶液中における金属錯体の生成平衡と構造に関する以下の問 I ~ IV に答えよ。

金属錯体は、水溶液中で配位子濃度の増加にしたがい逐次的に生成する。金属イオンを M、配位子を L とし、水および電荷を略すと、その逐次生成平衡は次のように一般的にあらわすことができる。

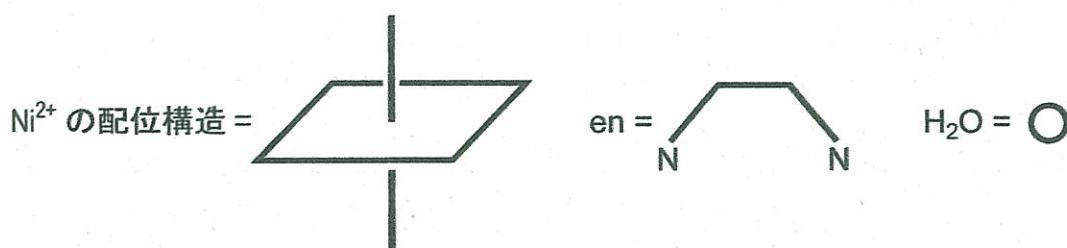


(1) 式の平衡定数 K_n は逐次生成定数と呼ばれる。一方、錯体の生成平衡について、次のような表し方もできる。



(2) 式の平衡定数 β_n は全生成定数と呼ばれる。

I. Ni^{2+} のエチレンジアミン錯体の場合、M と L に相当するのは、それぞれ Ni^{2+} とエチレンジアミンである。 Ni^{2+} は八面体 6 配位構造をとり、エチレンジアミン (略号は en, 化学構造式は $NH_2-CH_2-CH_2-NH_2$) は二座のキレート配位子として働く。したがって、 ML , ML_2 , ML_3 に相当する錯イオン $[Ni(en)]^{2+}$, $[Ni(en)_2]^{2+}$, $[Ni(en)_3]^{2+}$ が逐次的に生成する。これらの錯イオンの立体構造をすべて描け。また、その中で互いに光学異性の関係にあるものを明示せよ。立体構造の作図にあたっては、 Ni^{2+} の八面体 6 配位構造, en, H_2O をそれぞれ、下図のように略記せよ。なお、en のコンフォメーションは考慮しなくてよい。



II. 一般の錯平衡について、以下の問(1), (2)に答えよ。

- (1) 全生成定数 β_n を、逐次生成定数 K_1, K_2, \dots, K_n を用いた式であらわせ。
- (2) 生成平衡 $M + nL \rightleftharpoons ML_n$ における $\log [ML_n]$ を、 $\log [M]$, $\log [L]$, $\log \beta_n$, n を用いた式であらわせ。[] は濃度を表す。

III. 問 II の結果をふまえて Ni^{2+} の en 錯体の逐次生成について、以下の問(1)~(4)に答えよ。

- (1) Ni^{2+} の en 錯体の $\log \beta_1$, $\log \beta_2$, $\log \beta_3$ の値をそれぞれ求めよ。逐次生成定数の常用対数値 $\log K_n$ ($n=1, 2, 3$) は以下のとおりである。

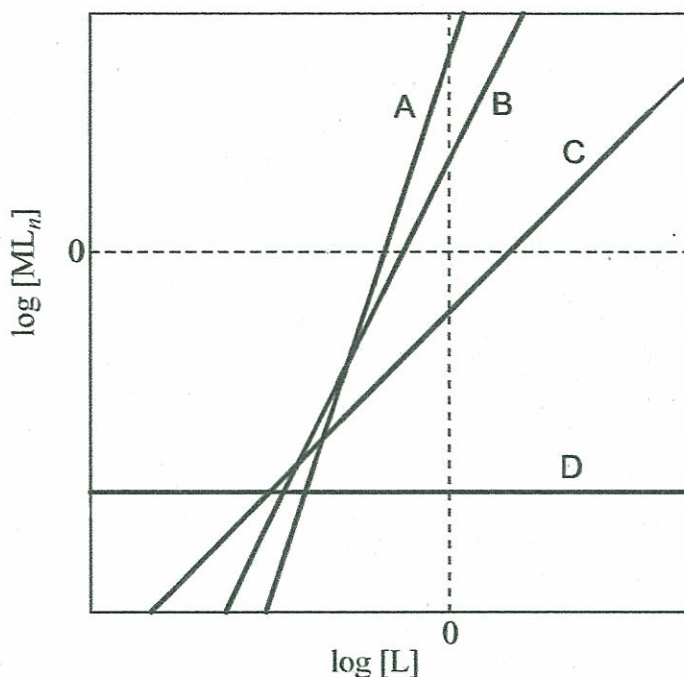
$$\log K_1 = 7.5 \quad \log K_2 = 6.4 \quad \log K_3 = 4.4$$

- (2) $\log [ML]$, $\log [ML_2]$, $\log [ML_3]$ を表す各数式を記せ。なお、遊離の金属イオン濃度 $[M]$ を $10^{-10} \text{ mol dm}^{-3}$ とせよ。

平成 22 年度修士課程入学試験問題
 相関基礎科学系 専門科目

第 7 問 化学 (2) その 2

- (3) 下に示す横軸を $\log [L]$, 縦軸を $\log [ML_n]$ とするグラフ内の直線 A~D は, それぞれ, 前問(2)で求めた数式および遊離の金属イオン濃度をあらわす式 $\log [M]$ のどれに対応するか答えよ.



- (4) 上のグラフを参考にして, $[\text{Ni}(\text{en})]^{2+}$ が最多成分として存在する $\log [\text{en}]$ の領域を求めよ. 同様に, $[\text{Ni}(\text{en})_2]^{2+}$, $[\text{Ni}(\text{en})_3]^{2+}$ についても求めよ.

IV. Cd^{2+} のテトラアンミン錯体とビスエチレンジアミン錯体の生成平衡の 298 K における全生成定数と熱力学データを下の表に示す. これらを用いて, 次の配位子置換反応



に関する以下の問(1)~(3)に答えよ.

298 K における全生成定数と熱力学データ

	$\log \beta_n$	$\Delta H^\circ / \text{kJ mol}^{-1}$	$\Delta S^\circ / \text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$
$[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$\log \beta_4 = 7.45$	-53.1	-35.5
$[\text{Cd}(\text{en})_2]^{2+}$	$\log \beta_2 = 10.62$	-56.4	+14.1

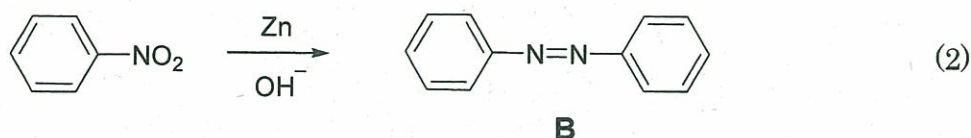
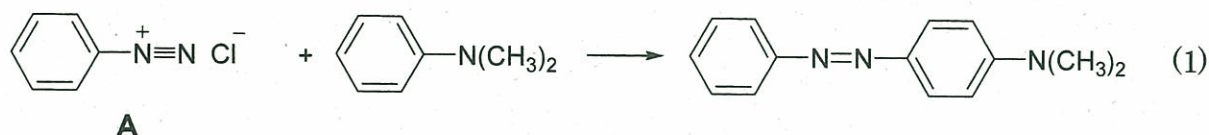
- 配位子置換反応の平衡定数を K' とする. $\log K'$ の値を求め, 平衡がどちらに傾いているかを記せ.
- 配位子置換反応のギブスエネルギー変化におけるエンタルピー変化とエントロピー変化の寄与をそれぞれ求めよ.
- 前問(2)の結果に基づいて, この配位子置換反応を駆動する要因について説明せよ.

平成 22 年度修士課程入学試験問題
 相関基礎科学系 専門科目

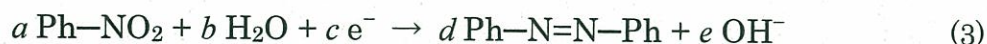
第 8 問 化学 (3) その 1

アゾ化合物は、合成が容易なことや多様な誘導体を合成できることから様々に利用されている。特に、芳香族アゾ化合物は、鮮やかな色を示し、色調も豊富であることから色素として用途が広い。アゾ化合物の合成と性質に関する以下の問 I ~ III に答えよ。

I. 芳香族アゾ化合物の合成法は、アゾカップリング (式(1)) が一般的であるが、ニトロ化合物の還元 (式(2)) や、アミンの酸化によっても合成することができる。



- (1) 式(1)の試剤 A はアニリン $\text{Ph}-\text{NH}_2$ から調製される。その方法を述べよ。
- (2) 式(1)の反応は、A を反応試剤とする芳香族求電子置換反応である。反応機構を説明せよ。
- (3) 試剤 A とベンゼンを反応させてもアゾベンゼン(B)はほとんど得られない。その理由を説明せよ。
- (4) 式(2)におけるニトロベンゼンの還元反応は、イオン反応式(3)に従って進行する。式(3)の $a \sim e$ に適切な係数を与え、ニトロベンゼンを B に還元するにはニトロベンゼン 1 分子あたり何個の電子が必要かを記せ。



II. 脂肪族アゾ化合物 $\text{R}-\text{N}=\text{N}-\text{R}$ (R : アルキル基) は、芳香族アゾ化合物に比べて不安定であり、加熱すると容易に窒素を放出して分解する。熱による分解しやすさは、アルキル基 R に著しく依存し、たとえば、 80°C において $(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{N}=\text{N}-\text{C}(\text{CH}_3)_3$ の分解速度を基準とする $\text{Ph}(\text{CH}_3)_2\text{C}-\text{N}=\text{N}-\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{Ph}$ の相対分解速度は 1×10^7 と報告されている。これらのアゾ化合物において、分解反応性に著しい差が現れる理由を説明せよ。

III. 芳香族アゾ化合物 $\text{Ar}-\text{N}=\text{N}-\text{Ar}$ (Ar : アリール基) は近紫外領域に $\pi\pi^*$ 遷移に由来する強い吸収をもち、その極大吸収波長 λ_{max} は Ar に著しく依存する。なお、この遷移はアゾ化合物の最高被占軌道 (HOMO) から最低空軌道 (LUMO) への遷移によるものであることがわかっている。

- (1) 表 1 は、一置換アゾベンゼンの λ_{max} を示したものである。この結果から、置換基の電子的性質と λ_{max} の関係について、どのような仮説を立てることができるか。また、それをさらに確実にするためには、どのようなデータが必要か。

平成 22 年度修士課程入学試験問題
 相関基礎科学系 専門科目

第 8 問 化学 (3) その 2

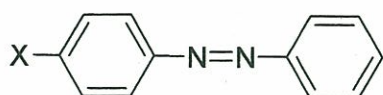


表 1 一置換アゾベンゼンの最大吸収極大波長 (λ_{\max} , nm)

X	H	Br	OH	N(CH ₃) ₂
λ_{\max} (nm)	317	326	339	400

(2) 4 - (*N,N*-ジメチルアミノ)アゾベンゼン (C) の HOMO と LUMO の原子軌道分布を図 1 に示す。図に描かれた丸の大きさは原子軌道係数の大きさを反映し、白黒は符号の違いを示している。C のベンゼン環にもう一つジメチルアミノ基を導入することによって、さらに長波長の λ_{\max} をもつアゾベンゼンを合成したい。図 1 に示した C の 2, 3, 2', 3' および 4' 位のいずれの位置に導入したら最も効果的と考えられるか。その位置を示し、そう判断した理由を述べよ。

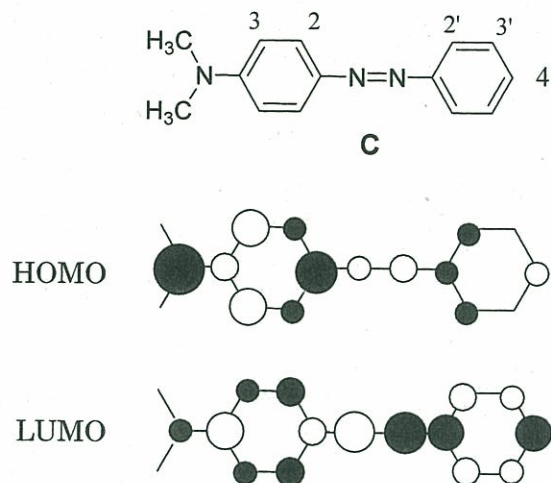
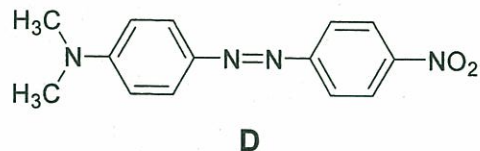


図 1 4 - (*N,N*-ジメチルアミノ)アゾベンゼン (C) の HOMO と LUMO の原子軌道係数分布

(3) C の 4' 位にニトロ基を導入した非対称二置換アゾベンゼン (D) では、 λ_{\max} は 475 nm とかなり長波長に現れ、その吸収は「分子内電荷移動型吸収」とよばれる。「分子内電荷移動型吸収」の意味、およびこの吸収が長波長に現れる理由を説明せよ。



平成 22 年度修士課程入学試験問題
相関基礎科学系 専門科目

第 9 問 化学(4) その1

A (物理化学), B (無機化学), C (有機化学) から 1 題を選択し, それに解答せよ.

- ・ A, B, C のうち, いずれを選択したかを明示すること.
- ・ 複数を選択した場合には, 無効とする.

A (物理化学選択問題)

以下の I - III の間に答えよ.

I. 調和振動子の固有エネルギーは

$$E_v = \left(v + \frac{1}{2} \right) \hbar \sqrt{\frac{k}{\mu}}$$

で表される. 水素分子の同位体置換体 (H_2 , HD, D_2) の化学結合と分子振動 (調和振動子とみなせ) に関する次の問いに答えよ. ここで, k と μ は, それぞれ, 結合の力の定数 (バネ定数) と換算質量である. また, $v=0, 1, 2, \dots$ は振動の量子数である.

(1) 結合エネルギーと呼ばれるものには 2 種類ある. ひとつはポテンシャルエネルギー曲線の深さであって, D_e で表わされる. もう一つは, 実験で観測される量であり, D_0 で表わされる. たとえば, $D_0(\text{H}_2)$ は H_2 についての D_0 を表すものとする. 実験の測定によると, D_e , R_e (平衡核間距離), k の値は, H_2 , HD, および D_2 についてほぼ等しいことが分かっている. この事実が, 物理的に何を意味するか詳しく説明せよ.

(2) D_e と D_0 が異なる値をとる理由を説明せよ.

(3) 実験値として, $D_0(\text{H}_2) = 4.477 \text{ eV}$, $D_0(\text{HD}) = 4.513 \text{ eV}$, $D_0(\text{D}_2) = 4.555 \text{ eV}$ が与えられている. なぜこのような順序になるか, ポテンシャルエネルギー曲線の図を使いながら説明せよ.

(4) $D_0(\text{H}_2)$ と $D_0(\text{D}_2)$ を使って, 力の定数 k を表す式を書き下せ.

平成 22 年度修士課程入学試験問題
 関連基礎科学系 専門科目

第 9 問 化学(4) その2

II. 酸素分子の分子軌道

$$\{1\sigma_g, 1\sigma_u, 2\sigma_g, 2\sigma_u, 3\sigma_g, 3\sigma_u, 1\pi_{ux}, 1\pi_{uy}, 1\pi_{gx}, 1\pi_{gy}\}$$

で与えられているとする。ただし、結合軸は z 軸上にある。

- (1) 基底状態の酸素分子の電子配置を示せ。
- (2) 酸素分子カチオン O_2^+ とアニオン O_2^- の力の定数は、 O_2 に比べて大きくなるか小さくなるか、分子軌道法による根拠を添えて答えよ。
- (3) 分子軌道 $1\pi_u$ から分子軌道 $3\sigma_u$ への電子励起は、光学許容か光学禁制か、幾何学的な考察に基づいて答えよ。
- (4) 酸素分子には、スピン 1 重項状態が励起状態として存在する。基底状態からこの 1 重項状態への電子励起は光学的に許容か。理由を付して答えよ。

III. ハートリー・フォック法によって、たとえば、酸素分子の $3\sigma_g$ 分子軌道を決めるためには、次のような 2 電子積分

$$J(3\sigma_g, 1\pi_{ux}) = \int \int \phi_{3\sigma_g}(\mathbf{r}_1) \phi_{3\sigma_g}(\mathbf{r}_1) \frac{e^2}{r_{12}} \phi_{1\pi_{ux}}(\mathbf{r}_2) \phi_{1\pi_{ux}}(\mathbf{r}_2) d\mathbf{r}_1 d\mathbf{r}_2$$

$$K(3\sigma_g, 1\pi_{ux}) = \int \int \phi_{3\sigma_g}(\mathbf{r}_1) \phi_{1\pi_{ux}}(\mathbf{r}_1) \frac{e^2}{r_{12}} \phi_{1\pi_{ux}}(\mathbf{r}_2) \phi_{3\sigma_g}(\mathbf{r}_2) d\mathbf{r}_1 d\mathbf{r}_2$$

などが必要である。これらを、それぞれ、 $3\sigma_g$ 軌道と $1\pi_{ux}$ 軌道の中のクーロン積分と交換積分と呼ぶ。ただし、 $\phi_{3\sigma_g}(\mathbf{r})$ は $3\sigma_g$ 軌道を表すものとする。また、軌道エネルギーを決めるためには、2 電子積分のほかに、1 電子積分の項 ($h(3\sigma_g)$ と書く) が必要である。

- (1) $h(3\sigma_g)$ にはどのような内容のエネルギー項が含まれているか。
- (2) クーロン積分の物理的意味は何か。
- (3) 原子や分子のどのような性質が交換積分を使って説明されるか。実例をあげながら示せ。

平成 22 年度修士課程入学試験問題
 相関基礎科学系 専門科目

第 9 問 化学 (4) その 3

B (無機化学選択問題)

フェロセン $\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$ は、1951 年 Pauson らや Miller らによって合成され、今日の有機金属錯体のさきがけとなった化合物である。その後、鉄以外の金属でも同じタイプの安定な錯体が Fischer や Wilkinson によって合成された。現在、 $\text{M}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$ (M: 中心金属) で表される化合物はメタロセンと総称されている。

$\text{M}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$ は、金属原子 M が 2 つのシクロペンタジエニル基 (C_5H_5) に挟まれたサンドイッチ型の構造をとる。電子回折による構造解析から、気相では 2 個の C_5H_5 環が重なり型配座 (D_{5h} 点群) をとったとき、最も安定であることが知られている(図 1)。また、 $\text{M}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$ において、金属原子 M と C_5H_5 環の形式的酸化数は各々 +2 と -1 であり、M- C_5H_5 間の化学結合は d- π 相互作用によると考えられている。以下の問 (1)~(7) に答えよ。なお、遷移金属の原子番号は以下の通りである。

原子番号	22	23	24	25	26	27	28
元素	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni

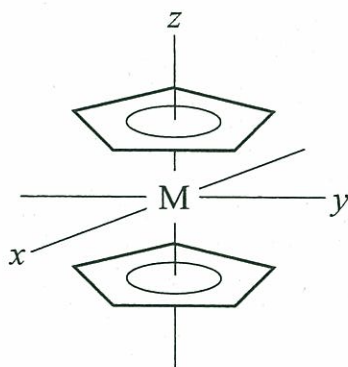


図 1. $\text{M}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$ の分子構造

- (1) Fe および Fe^{2+} イオンの電子配置を例にならって記せ。例. $\text{H}: 1s^1$ 。
 (2) Hückel 近似を適用すると、 N 個の C 原子からなる環状共役分子 (C_NH_N) の π 軌道のエネルギーは、

$$E_j = \alpha + 2\beta \cos \frac{2\pi j}{N}, \quad j = 1, 2, \dots, N$$

で与えられる。ここで、 α , β は各々クーロン積分、共鳴積分を表す。 C_5H_5 環の π 軌道のエネルギーを求めよ。また、 C_5H_5 環が C_5H_5^- イオンとして安定に存在する理由を述べよ。

- (3) $\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$ は化学的に安定であるが、 $\text{Co}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$ は酸化され易い。この違いを「18 電子則」に基づいて説明せよ。

平成 22 年度修士課程入学試験問題
 相関基礎科学系 専門科目

第 9 問 化学 (4) その 4

- (4) $M(C_5H_5)_2$ のもつ対称要素をすべて記せ(例を参照). 例. H_2O : 2 回回転軸, 対称面.
- (5) $M(C_5H_5)_2$ では, 金属原子 M の d 準位は部分的に縮重が解け, 図 2 のように分裂する. エネルギー準位 E_1, E_2, E_3 は, どの d 軌道 ($d_{xy}, d_{yz}, d_{zx}, d_{x^2-y^2}, d_{z^2}$) に対応するか, 根拠とともに記せ. ただし, C_5H_5 環は円環状に広がった負電荷とみなすことができる.

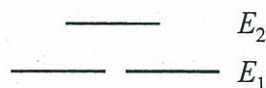


図 2. d 軌道のエネルギー分裂(模式図)

- (6) $Fe(C_5H_5)_2$ は低スピン状態をとり, $Mn(C_5H_5)_2$ は高スピン状態をとる. 一般的な遷移金属錯体について, 結晶中のスピン状態を識別する実験法をひとつ取り上げ, 説明せよ. また, 気相の遷移金属錯体のスピン状態を調べるにはどのような方法が考えられるか.
- (7) $Fe(C_5H_5)_2$ における金属と配位子との化学結合を分子軌道法に基づいて説明せよ. 以下の語句, 図 3 を用いること.
 結合性軌道, 反結合性軌道, Fe d 軌道 (d_{yz}, d_{zx} 軌道), C_5H_5 π 軌道(図 3), 重なり積分, 対称面.

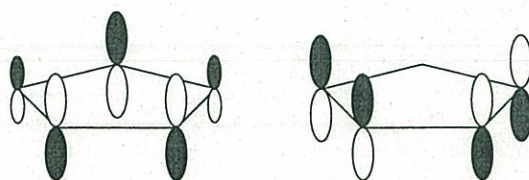


図 3. C_5H_5 環の π 軌道

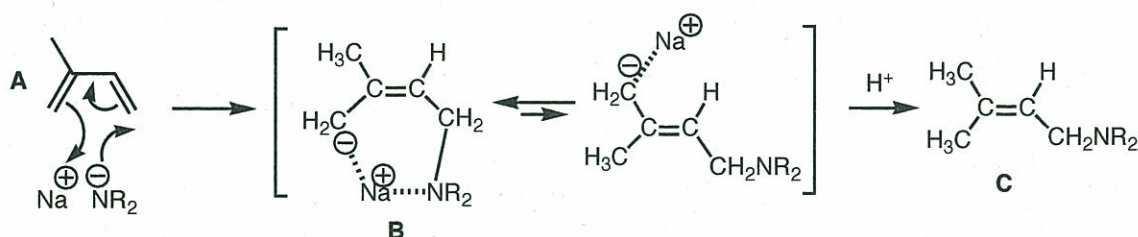
平成 22 年度修士課程入学試験問題
 相関基礎科学系 専門科目

第 9 問 化学 (4) その 5

C(有機化学選択問題)

I. ①～③の研究報告を参考にして、問(1)～(7)に答えよ。

- ① 第二級アミンと強塩基から生じたアミドイオン (下図では $\text{Na}^+ \text{R}_2\text{N}^-$) は、共役二重結合をもつイソプレン (A) に下図のように共役付加し、中間体 (B) を経て、アリルアミン誘導体 (C) を与える。



- ② 種々の不斉錯体触媒を用いて、ゲラニルアミン (D) から光学活性なエナミン (E) を生成する反応結果が表 1 に示されている。

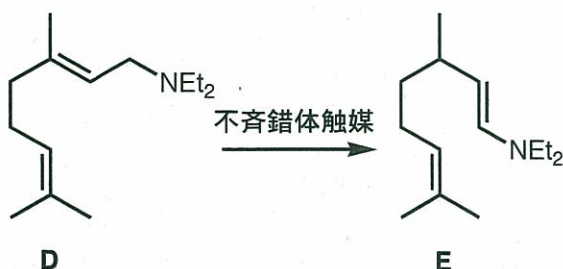


表 1. 種々の不斉錯体触媒による D から E への変換反応結果

不斉錯体触媒	収率 (%)	鏡像体過剰率 (%)	不斉炭素まわりの絶対立体配置
a) $[\text{Rh}(+)\text{-BINAP}(\text{COD})]^+$	94	96	(S)
b) $[\text{Rh}(-)\text{-BINAP}(\text{COD})]^+$	99	93	(R)
c) $[\text{Rh}(-)\text{-DIOP}]^+$	93	22	(R)
d) $[\text{Rh}(-)\text{-CyDIOP}]^+$	7	51	(R)
e) $[\text{Rh}(-)\text{-}i\text{-PrDIOP}]^+$	10	43	(R)
f) $[\text{Rh}(-)\text{-EtDIOP}]^+$	16	37	(S)

平成 22 年度修士課程入学試験問題
 相関基礎科学系 専門科目

第 9 問 化学 (4) その 6

③ 図に示すように、シトロネラル (F) にルイス酸を作用すると、環化反応が促進されてイソプレゴール (G) とその立体異性体が何種類か生じる。さまざまなルイス酸による反応結果が表 2 に示されている。

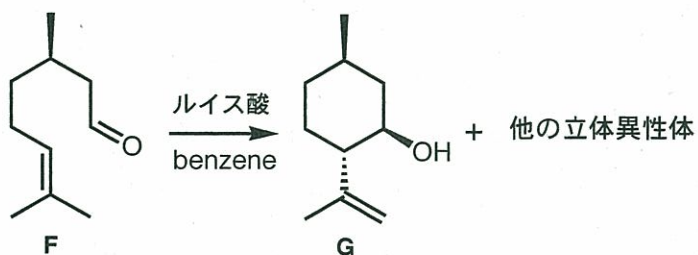


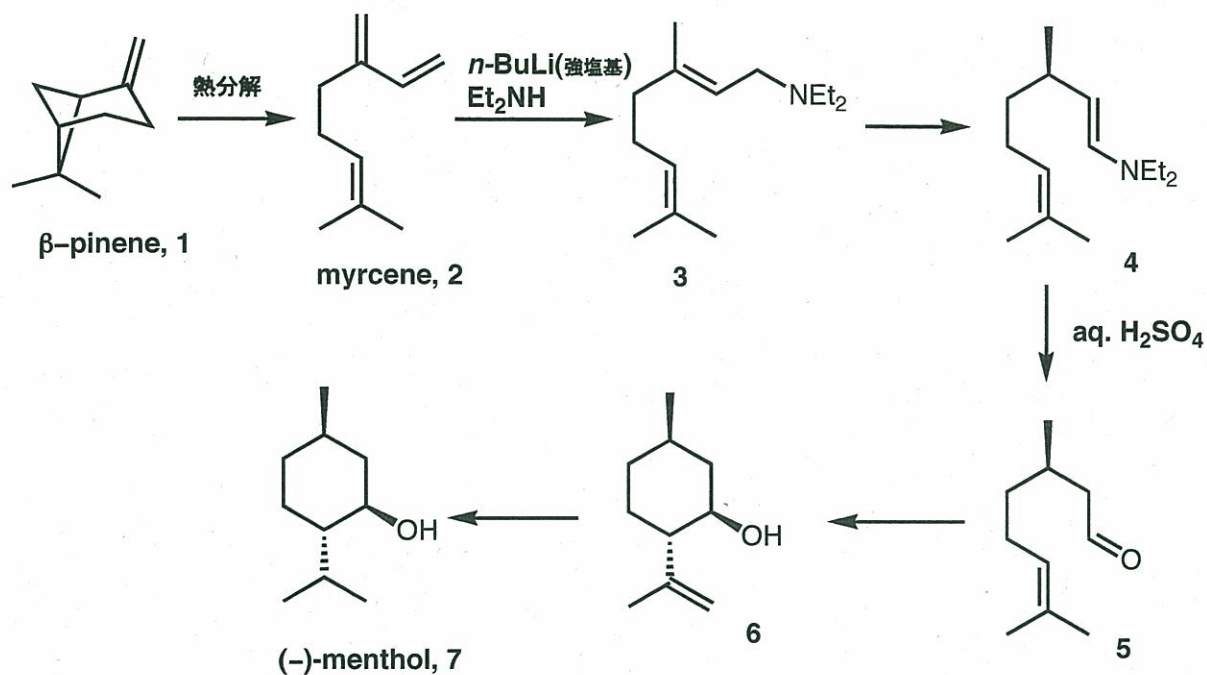
表 2. 各種ルイス酸を用いた F から G への変換反応結果

ルイス酸	収率 (%)	イソプレゴール G と他の立体異性体との生成比
ZnCl ₂	53	88:12
ZnBr ₂	70	94:6
ZnI ₂	50	95:5
FeCl ₃	20	76:24
AlCl ₃	30	71:29

平成 22 年度修士課程入学試験問題
 相関基礎科学系 専門科目

第 9 問 化学 (4) その 7

現在、光学活性な(-)-メントール (7) は、天然化合物のβ-ピネン (1) を原料にして、次の反応経路で不斉合成される。



問

- (1) 2 から 3 がなぜ立体特異的に生成するのか、①の反応機構を参考に、理由を述べよ。
- (2) 3 から 4 を不斉合成するための最適な触媒を、②の研究結果をもとに選べ。
- (3) 4 から 5 への酸性加水分解の反応機構を書け。
- (4) 5 から 6 への変換に最適なルイス酸を③の研究結果をもとに選択せよ。
 またなぜそのルイス酸を選んだかの理由を示せ。
- (5) 5 から 6 への環化反応が起こるときに考えられる立体異性体は何種類有るか、
 またその立体異性体を全て書き示せ。その中で最安定なものはどれか、また、
 なぜそう判断したかの理由も示せ。
- (6) 6 から 7 への変換に必要な反応剤、触媒を示せ。
- (7) 7 を希硫酸で処理すると、脱水反応が起こる。主生成物の構造を推定せよ。

平成 22 年度修士課程入学試験問題
相関基礎科学系 専門科目

第 10 問 生物学 (その 1)

次の文を読み、以下の問 1-9 に答えよ。

真核生物がもつ遺伝子の機能を調べる上で、ゲノム配列がすべて決定された生物種であっても、遺伝学の手法は重要である。

その生物の生存に不可欠な遺伝子を必須遺伝子という。出芽酵母を用いて必須遺伝子を単離することができる。突然変異を誘起する処理を出芽酵母に施して、その中から注目する表現型を示す変異体をスクリーニングし、単離する。出芽酵母には一倍体世代と二倍体世代がある。一倍体酵母では必須遺伝子に変異が起こると 。そのため温度感受性変異などの条件致死突然変異をもつ出芽酵母を単離することが行われる。

問 1 突然変異を誘起する方法を 2 つ挙げ、それぞれについて 2 行ほどで説明せよ。

問 2 突然変異の中には、ナンセンス変異やミスセンス変異がある。それぞれを 2 行ほどで説明せよ。

問 3 ナンセンス変異やミスセンス変異以外にも、その遺伝子の機能が発現できない突然変異が知られている。その例を一つ挙げて、3 行ほどで説明せよ。

問 4 空欄 に入る適切な語句を下から選び、記号で答えよ。

(a)細胞が大きくなる (b)細胞が小さくなる (c)死んでしまう (d)不死になる

(e)二倍体になれなくなる (f)二倍体にしかなれなくなる

(次のページに続く)

平成22年度修士課程入学試験問題
 相關基礎科学系 専門科目

第10問 生物学（その2）

問5 温度感受性の出芽酵母を用いて、その原因遺伝子を単離する一般的な実験方法をあげ、それについて説明せよ。

問6 ある遺伝子の突然変異によって温度感受性となる機構を、その遺伝子にコードされるタンパク質の性質を想定して説明せよ。

問7 マウス個体で温度感受性変異体を得ることは原理的にほとんど不可能である。その理由を述べよ。

問8 出芽酵母の場合、そのゲノム配列はすべて明らかにされている。君がそのなかに、機能未知のタンパク質配列をコードする可能性のある遺伝子を見出したとしよう。この遺伝子が出芽酵母の生存に必須か否かを調べる方法を考案し、それを説明せよ。

問9 マウスにおいて同様の研究をする上で、問8で述べた方法を用いることができるか否かを、理由とともに答えよ。

平成 22 年度修士課程入学試験問題
相関基礎科学系 専門科目

第 11 問 科学史・科学哲学（1）

次のA～Cのうち、一題を選び、答えよ。複数解答した場合は、すべて無効とする。選択した問題の記号は解答冒頭に明記すること。

A 西洋近代科学が日本と中国において受容された過程について、両国の状況を比較しながら論ぜよ。

B 経験と概念の関係について論ぜよ。

C 脳科学の技術的応用によって、今後ますます、人間の記憶力や集中力など、認知能力の増強が可能になるだろうと考えられるが、そのような脳科学的な方法による認知的増強の是非について論ぜよ。

平成 22 年度修士課程入学試験問題
相関基礎科学系 専門科目

第 12 問 科学史・科学哲学（2）

次のA～Cのうち、一題を選び、答えよ。複数解答した場合は、すべて無効とする。選択した問題の記号は解答冒頭に明記すること。

A 科学史上に大きな業績をあげた科学者は数多い。そのような科学者を一人選び、業績の概要を説明せよ。また、その科学者をめぐり今までどのような科学的な研究がなされてきたか説明せよ。

B 意志の自由とは何か。意志の自由と決定論が両立するかどうかを考慮しながら論ぜよ。

C 文明が成熟し、高度科学技術社会になるにつれて、構成員である一般市民の科学リテラシーは低下する傾向があることが指摘されている。これについて、あなたの考えを自由に論ぜよ。

平成 22 年度修士課程入学試験問題
相関基礎科学系 専門科目

第 13 問 科学史・科学哲学（3）

次のA～Cのうち、一題を選び、答えよ。複数解答した場合は、すべて無効とする。選択した問題の記号は解答冒頭に明記すること。

A 医の科学化について、歴史的観点から論ぜよ。

B 言語が言語として機能するためには、言語は心と世界に対してどのような関係になければならないのか、その関係について論ぜよ。

C 日本の科学技術政策において科学技術基本計画が果たしてきた役割について論ぜよ。

平成 22 年度修士課程入学試験問題
相関基礎科学系 専門科目

第 14 問 科学史・科学哲学（4）

以下のAからOまでの十五の言葉から四つを選択し、科学史的、哲学的ないし科学技術論的観点から説明せよ。五つ以上解答した場合は、すべて無効とする。選択した問題の記号はその解答の冒頭に明記すること。

- | | |
|-------------------|-------------------|
| A アフォーダンス | B 代理出産 |
| C Leonhard Euler | D 確率の主観的解釈 |
| E 心に関する消去主義 | F 強制運動 |
| G ニュルンベルク綱領 | H ピュイ・ド・ドームの実験 |
| I ラッセル・アインシュタイン宣言 | J 参加型テクノロジーアセスメント |
| K 『星界の報告』 | L tacit knowledge |
| M 土地倫理 | N 徳倫理 |
| O ライト兄弟 | |