

平成14年度
広域科学専攻修士課程入試問題
相関基礎科学系 基礎科目

(平成13年8月27日 11:15 ~ 13:15)

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下さい。

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19ページである。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること。
3. 第1問～第16問から4問を選択して解答すること。
4. 渡された4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、科目名（基礎科目、専門科目等の区別）と解答した問題の番号、氏名、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

受験科目名	問題別	氏名	受験番号
基礎科目	第○問	○○○○	No. ○○○

6. 本冊子の最後の2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、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	

相關基礎科学系 基礎科目

目次

第 1 問	数学 (1)	1
第 2 問	数学 (2)	2
第 3 問	数学 (3)	3
第 4 問	物理学 (1)	4
第 5 問	物理学 (2)	5
第 6 問	物理学 (3)	6
第 7 問	化学 (1)	7 ~ 8
第 8 問	化学 (2)	9 ~ 10
第 9 問	化学 (3)	11 ~ 12
第 10 問	生物学 (1)	13
第 11 問	生物学 (2)	14
第 12 問	生物学 (3)	15
第 13 問	地学 (1)	16
第 14 問	地学 (2)	17
第 15 問	地学 (3)	18
第 16 問	科学史・科学哲学	19

第1問 数学(1)

t を 0 でない実数として, 3×3 行列 P を

$$P = \begin{pmatrix} 0 & 1/t & 0 \\ 0 & 0 & 1/t \\ t^2 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

とする。このとき以下の問に答えよ。

- 1) P^3 を計算せよ。
- 2) P の転置行列 P^T の実固有値と付随する固有ベクトル u を求めよ。
- 3) 3次元実ユークリッド空間の点 (a, b, c) に対してベクトル

$$v = \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix}$$

を対応させるとき, 3点 v, Pv, P^2v によって, 平面が一意的に定まるためには, 2点 v, Pv の作る直線上に P^2v がないことが必要である。この条件をみたさない点 v の集合を求めよ。

- 4) 前問3)で平面が一意的に定まる場合, 問2)でもとめた u が, その平面に直交することを示せ。

第2問 数学(2)

1. 関数 $x(t)$ が

$$x'' + x' = f(t) \quad (A)$$

という微分方程式を満たすとする。

(「'」は1つで、 t での微分1回を表す。)

1) 任意の関数 $f(t)$ に対して

$$x(t) = \int_0^t G(t-t_0) f(t_0) dt_0$$

が解になるような $G(t)$ を求めよ。

ただし $G(0) = 0$ 、 $G'(0) = 1$ とする。

2) この解の $t = 0$ での初期条件を記せ。

3) この解を式(A)の特解とみなし、式(A)の一般解を記せ。

2. $x'' + x' = \varepsilon x^2 \quad (B)$

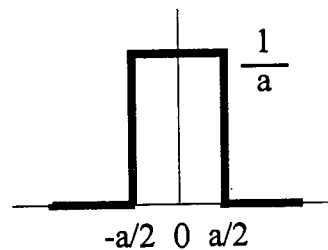
という微分方程式を考える。ただし ε は微小な定数とする。

4) $x(t) = x^{(0)}(t) + \varepsilon x^{(1)}(t) + (\varepsilon$ の2次以上の項)
と展開する。式(B)の、 ε について0次の部分と1次の部分を記せ。

5) 式(B)の、初期条件 $x(0) = 0$ 、 $x'(0) = 1$ を満たす解を、
 ε の1次のオーダーで、上問1)–3)の手法を使って求めよ。

第3問 数学(3)

1) 図1のように、幅 a 、高さ a^{-1} の原点について対称な矩形パルス、 $f_1(x)$ 、がある。このパルスのフーリエ変換、



$$\tilde{f}_1(k) = \int_{-\infty}^{\infty} f_1(x) \exp(-ikx) dx$$

図1

を求め、おおよその振る舞いを図示せよ。
(計算の途中経過を明示すること)

2) 図2のように、幅 a 、高さ $((2n+1)a)^{-1}$ のパルスが、間隔 a で原点について対称に $2n+1$ 個並んだパルス列、 $f_{2n+1}(x)$ 、がある。このパルス列のフーリエ変換を計算し、

$$\tilde{f}_{2n+1}(k) = \frac{1}{\cos(ka/2)} \frac{\sin((2n+1)ka)}{(2n+1)ka}$$

となることを示せ。

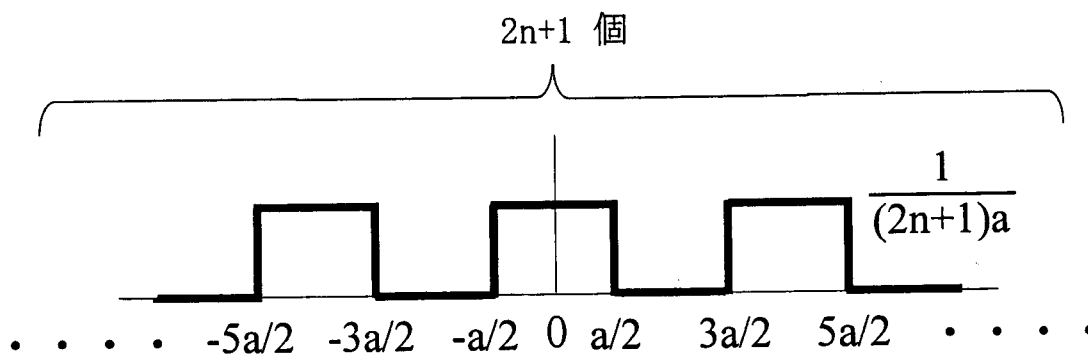


図2

3) $\lim_{n \rightarrow \infty} \tilde{f}_{2n+1}(k)$ を求めよ。

第 4 問 物理学 (1)

密度 ρ の物質でできた半径 a 、長さ l の円柱が、水平な面を滑らずに転がっている。中心軸の進む速さを v_0 とする。

1. この物体の質量 M を ρ を用いて表せ。また、中心軸の周りの慣性モーメントが

$$I = \frac{Ma^2}{2}$$

で与えられることを示せ。

2. このときの並進の運動エネルギー K_t と回転の運動エネルギー K_r を M を用いて表せ。 K_r については、導出も示せ。

3. 円柱の進行方向に、図のような傾斜角 θ の斜面がある。円柱は滑らずにこの斜面を中心軸が水平面から高さ h になるまで上った後、逆戻りした。

(a) 滑らずに斜面を転がって上りつつある時に円柱が斜面から受ける静止摩擦力 F を、斜面と円柱を描いて図示せよ。

(b) 斜面に沿って上向きに x 軸をとり、円柱の回転の角速度を ω として、円柱が滑らずに斜面を上っているときの

(i) 並進運動の方程式

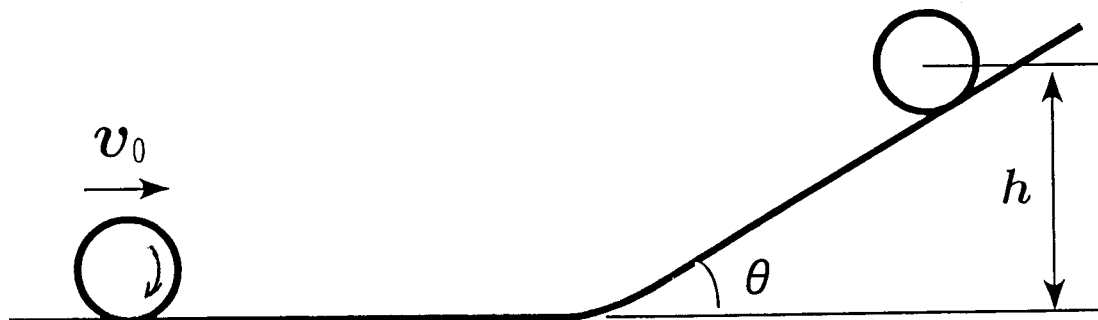
(ii) 回転運動の方程式

(iii) 円柱が滑らずに転がっていることを表す関係式を示せ。

(c) これらの方程式を解いて h を求め、 M を用いて表せ。

(d) 方程式を解かずに、力学的エネルギーの保存則から h を求めよ。

(e) 摩擦があるのに力学的エネルギーの保存則が成り立っているのはなぜか。



第5問 物理学(2)

I 半径 R の円形導線を xy 平面内に中心が原点と一致するように置き、電流 I を流す(図1)。

- 1) 原点における磁束密度 B の大きさと向きを答えよ。
- 2) z 軸上の点 $(0, 0, z)$ における磁束密度の大きさを求めよ。

II 図1の円形電流で作られる磁場の中で、 z 軸正方向を向いた磁気双極子(磁気双極子モーメント: $\mu = (0, 0, \mu_z)$ ($\mu_z > 0$))の運動を考える。この磁気双極子は z 軸上のみを運動するものとし、運動中に磁気双極子の向きは変化しないものとして、以下の問いに答えよ。

- 1) 磁気双極子のもつ位置エネルギー $U(z)$ をグラフとして描け。横軸を z とし、 $U(z)$ の原点付近での変化と無限遠での振る舞いが定性的に示されていればよい。
- 2) 原点付近の点 $(0, 0, z)$ ($0 < z$) に磁気双極子を静かに置いたとき、磁気双極子に働く力の向きと大きさを求めよ。
- 3) その後、磁気双極子はどのような運動をするか、定性的な振る舞いを記述せよ。

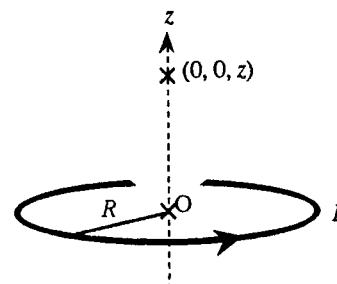


図1

III 半径 R の円形導線2個を、中心軸が一致するように $2a$ の間隔で配置し、同じ向きに同じ大きさの電流 I を流す。このとき座標系は図2のように、中心軸を z 軸、円の中心の座標がそれぞれ $(0, 0, a)$ 、 $(0, 0, -a)$ となるようにとる。

- 1) z 軸上の点 $(0, 0, z)$ における磁束密度の z 方向成分 $B_z(0, 0, z)$ を求めよ。
- 2) $B_z(0, 0, z)$ は z について偶関数であることを示せ。
- 3) 原点近傍で $B_z(0, 0, z) = c_0 + c_2 z^2 + c_4 z^4 + \dots$ と展開するとき、 c_0 、 c_2 を求めよ。
- 4) $c_2 = 0$ となる a の値 a_0 を R を用いて表せ。

ちなみに、 $c_2 = 0$ の条件を満たす配置の2個の円形電流は、ヘルムホルツコイルと呼ばれ、原点付近に一樣な磁場を作り出すことができる。

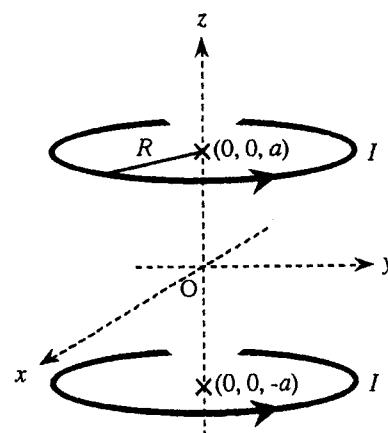


図2

第 6 問 物理学 (3)

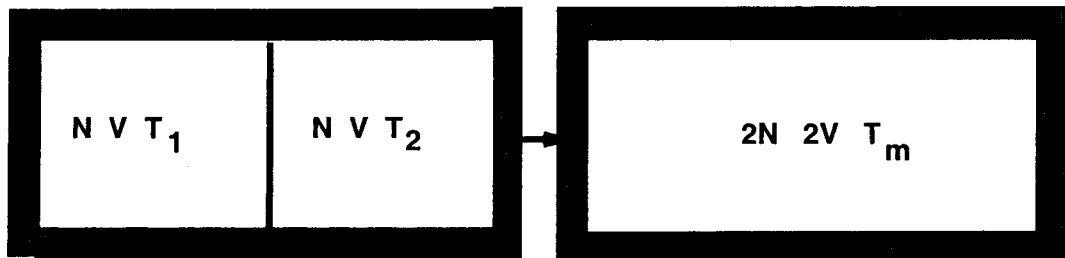
温度 T 、体積 V 、 N モル、圧力 p の気体が状態方程式 $p = \frac{NRT}{V-bN} - \frac{aN^2}{V^2}$ をみたし、その定積熱容量は温度、体積によらず一定値 cNR をとるとする。ここで R は気体定数、 a, b, c は定数である。

1. 内部エネルギーを U とし、 $(\frac{\partial U}{\partial V})_T, (\frac{\partial U}{\partial T})_V$ を求め、その結果から内部エネルギー U を T, V の関数としてあらわせ。ただし、関係式

$$(\frac{\partial U}{\partial V})_T = -p + T(\frac{\partial p}{\partial T})_V$$

を用いてよい。

2. 等温準静過程で体積が微小な δV だけ変化した時に入る熱 δQ を求めよ。その結果から、エントロピー S に関して、 $(\frac{\partial S}{\partial V})_T$ を求めよ。
3. $(\frac{\partial S}{\partial T})_V$ を求め、この結果と 2 の結果を用いてエントロピー S を T, V の関数としてあらわせ。
4. 全体を断熱壁で囲まれた体積 $2V$ の容器があり、固定された断熱壁で同じ体積 V ずつの部分にしまわれている。それぞれの部分に上の条件をみたす同一種類の気体が同じモル数 N ずつ入っている。はじめにそれぞれの部分は温度が T_1, T_2 と異なっていたとする。間の壁を取り除き、最終的に全体が体積 $2V$ 、モル数 $2N$ 、温度 T_m の平衡状態になる過程を考える。この過程で外から仕事をしたりされたりもしなかった場合に、最終温度 T_m の値を求めよ。



5. 一挙に壁をはずさず、外に仕事をとり出すなどしながら平衡状態にもっていけば、一般には最終温度 T_m を上の結果より下げることができる。しかし、熱力学第 2 法則によれば、外部と熱のやりとりがないという条件下では、この最終温度にも下限がある (つまり $T_m \geq T^*$)。この下限 T^* を求めよ。但し、3 で求めたエントロピーの基準の N 依存性を考えるかわりに、最終状態のエントロピーはモル数 N 、体積 V 、温度 T_m の系のエントロピーの 2 倍であることを使えばよい。

第 7 問 化学 (1) その 1

以下の問題 1、2 の両方に答えよ

1. HF 分子に関する下の問に答えよ。

この分子の結合は、水素原子の $1s$ 軌道とフッ素原子の $2p_z$ 軌道の線形結合で表わされる次のような分子軌道を考えることで理解できる。

$$\Psi = C_1 \psi_{1sH} + C_2 \psi_{2pF}$$

ここで、結合性軌道の係数は $C_1 = 0.45$ 、 $C_2 = 0.82$ である。

1) 上の分子軌道の関数は規格化されている。重なり積分 S を求めよ。

但し、

$$S = \int \psi_{1sH} \psi_{2pF} d\tau$$

である。それぞれの原子軌道関数は規格化されており、実関数であるとしてよい。

2) この軌道上の電子がフッ素原子上に存在している確率はどのくらいになるか。但し、重なり積分は無視する。

3) この分子軌道のおおよその形を図示せよ。

4) フッ素原子のその他の原子軌道は HF 分子になっても変わらないとしてよい。また、水素原子の $1s$ 軌道の軌道エネルギーよりフッ素原子の $2p$ 軌道の軌道エネルギーの方が低い。このことを考慮して HF 分子の分子軌道エネルギーの図を描き、そこに電子を配置せよ。

5) 2) および 4) をもとに、それぞれの原子上の実効的な電荷の大きさを素電荷の単位で求めよ。また、この分子の極性について答えよ。

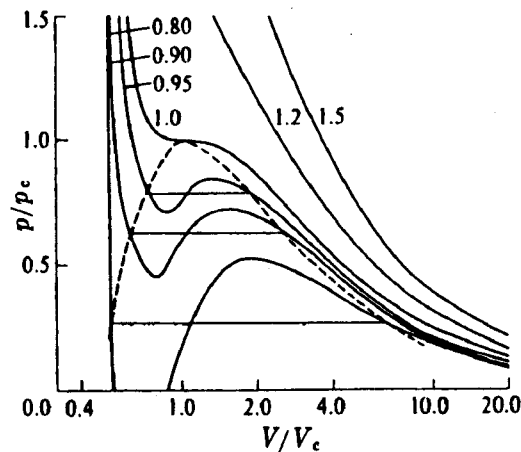
6) 分子軌道に電子を配置する時に考慮すべき原理 (規則) を挙げよ。

第7問 化学(1) その2

2. 実在気体の状態方程式はしばしば下記の van der Waals 状態方程式で表わされる。

$$p = nRT/(V - nb) - an^2/V^2$$

- 1) この式の第1項に含まれるパラメータ b は、どのような物理的考察のもとに式中に取り入れられたものか。
- 2) 同様に、第2項はどのような物理的意味をもつ項であるか。さらに、パラメータ a の大小を一連の希ガスで比べた時、どのような傾向が見られるか。
- 3) この式で p と V の関係を様々な温度 T でプロットすると図のようになる(グラフ中の数字は T/T_c を表わす)。図の点線の内側で、曲線が振動している部分は物理的に不合理であるとして、図の細線のように水平な横線で置き換えられる。この部分は、どのような状況に対応しているか。
- 4) この式では、ある温度 T で振動がちょうど無くなり曲線が変曲点を持つようになる。この変曲点を臨界点と呼ぶ。臨界点でこれらの量をとる値を p_c 、 V_c 、 T_c とする時、これらをパラメータ a 、 b で表わす式を導け。



図

以下の問1から8に答えよ。

1. Ti から Fe までの基底状態中性原子の電子配置を以下に示してある。[Ar]は $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ を意味する。例にならって Cr のスピンの向きまで含めた電子配置を書き、Cr が $3d^4 4s^2$ ではなく $3d^5 4s^1$ をとる理由を説明せよ。

Ti : [Ar] $3d^2 4s^2$ V : [Ar] $3d^3 4s^2$ Cr : [Ar] $3d^5 4s^1$ Mn : [Ar] $3d^5 4s^2$ Fe : [Ar] $3d^6 4s^2$



2. 次の図1は Sc から Zn までの第3イオン化エネルギー I_3 、すなわち $M^{2+}(g) \rightarrow M^{3+}(g) + e^-$ に要するエネルギーをプロットしたものである。全体的な傾向として原子番号が増加するにつれて I_3 は増加する傾向が見られる。その理由を説明せよ。

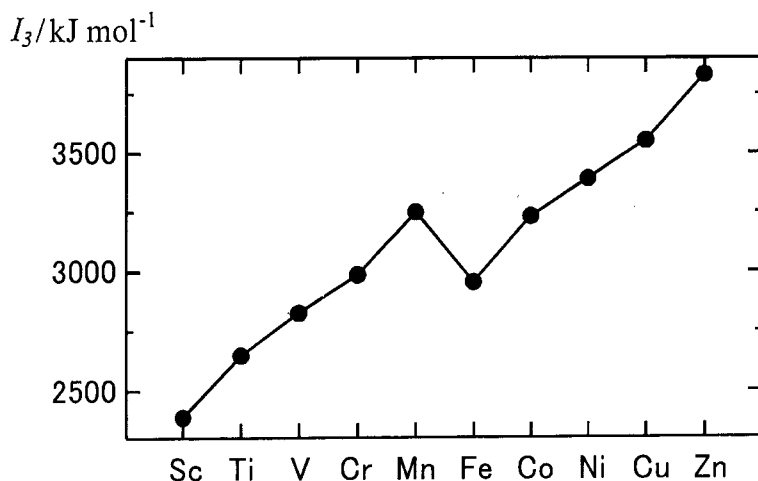


図1

3. 図1のプロットにおいて Fe の I_3 は全体的な傾向から見て小さな値をとっている。Fe²⁺ の電子配置を問1の例にならって書き、その理由を説明せよ。
4. 次の図2は遷移金属2価陽イオンの水和過程、すなわち $M^{2+}(g) + aq \rightarrow M^{2+}(aq)$ のエンタルピー変化 ΔH_h^{2+} をプロットしたものである。 ΔH_h^{2+} は、全体的な傾向として、点線で示したように原子番号が増えるにしたがってマイナス側に大きくなる傾向を示す。これはどのような要因によるものか説明せよ。

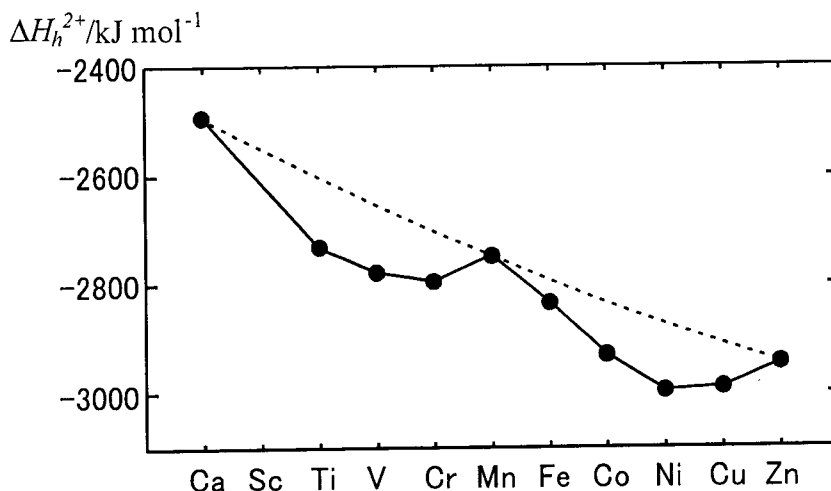


図2

5. 水和された遷移金属2価陽イオンは、6つの水分子によって正八面体型にとりかこまれたアクア錯体とみなすことができる。そのアクア錯体の結晶場によるd軌道分裂の様子と、分裂したd軌道へのスピンの向きまで含めた電子配置を、 Cr^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Fe^{2+} のそれぞれの場合について図示せよ。なお、すべてのアクア錯体は高スピンとみなしてよい。
6. 実際の ΔH_h^{2+} は図2中の黒丸で示したように、 Cr^{2+} 、 Fe^{2+} のように点線から下にずれるものと、 Mn^{2+} のように点線上にのるものことがある。それぞれどのような要因によるものか問5の結果をもとに説明せよ。
7. 遷移金属Mの水溶液中での酸化還元反応 $\text{M}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{M}^{3+}(\text{aq}) + \text{e}^-$ は、 M^{2+} の水和過程、 M^{3+} の水和過程、 M^{2+} から M^{3+} への酸化過程に分解して考えるとどのように組み立てられるか説明せよ。またこの酸化還元反応のエンタルピー変化 ΔH を ΔH_h^{2+} 、 ΔH_h^{3+} 、 I_3 を用いて数式であらわせ。なお、 ΔH_h^{3+} は M^{3+} の水和過程 $\text{M}^{3+}(\text{g}) + \text{aq} \rightarrow \text{M}^{3+}(\text{aq})$ のエンタルピー変化である。
8. 問7の考察と下表の数値データをもとに、Cr、Mn、Feの酸性水溶液中の酸素による酸化還元反応 $4\text{M}^{2+}(\text{aq}) + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ \rightarrow 4\text{M}^{3+}(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}$ のうち最も起こりやすいもの、最も起こりにくいものはそれぞれどれか説明せよ。ただし、この酸化還元反応のエントロピー変化 ΔS はどの元素に対しても同程度であるため、その寄与は無視できるものとする。

M	Cr	Mn	Fe
$I_3 / \text{kJ mol}^{-1}$	2986	3250	2956
$\Delta H_h^{2+} / \text{kJ mol}^{-1}$	-2795	-2747	-2834
$\Delta H_h^{3+} / \text{kJ mol}^{-1}$	-5908	-5878	-5761

平成14年度修士課程入学試験問題

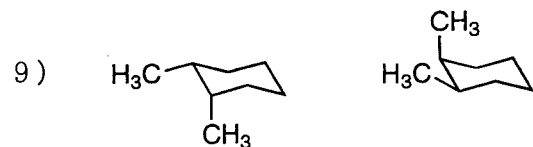
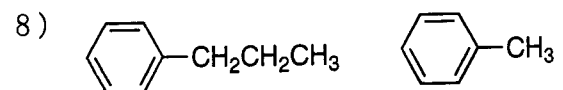
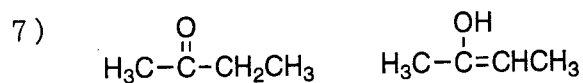
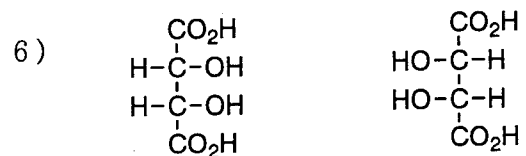
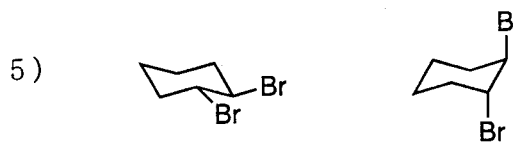
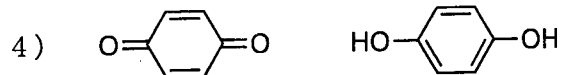
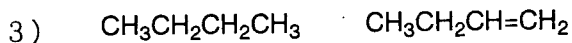
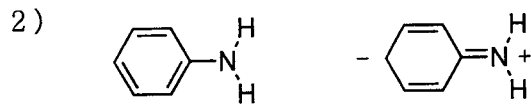
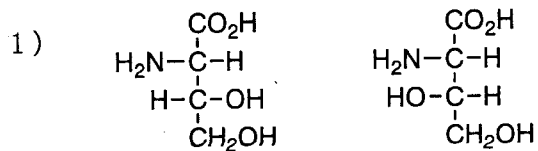
相関基礎科学系 基礎科目

第9問 化学(3) その1

以下の問題1、2の両方に答えよ。

1. 1) ~ 9) に示した各対の構造は、以下のa ~ iのいずれの関係であるか。

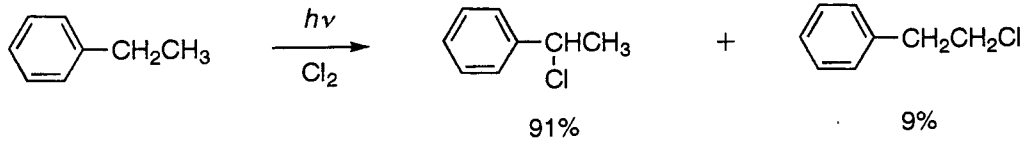
- a. 同一物 b. ジアステレオマー c. 鏡像異性体 d. 幾何異性体
 e. 共鳴構造 f. 互変異性体 g. 同族体 h. 配座異性体
 i. 以上のどれでもない



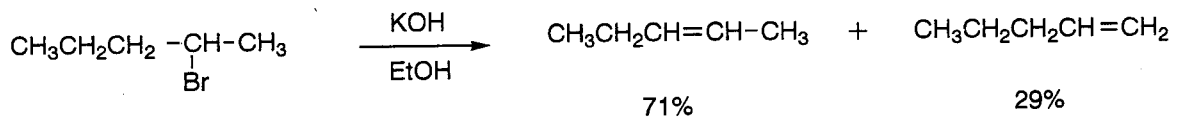
第9問 化学(3) その2

2. 次の1)~5)の反応は、いずれも生成物に選択性がみられる。その理由を説明せよ。

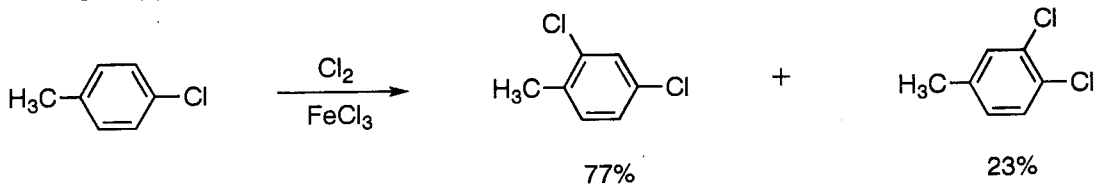
1) エチルベンゼンを光照射下、塩素と反応させると1-クロロ-1-フェニルエタンが主に得られ、2-クロロ-1-フェニルエタンはほとんど生成しない。



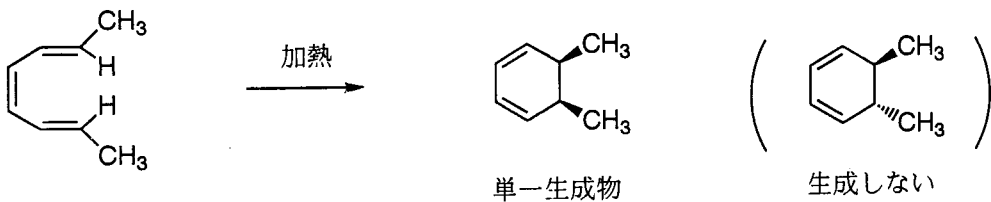
2) 2-ブロモペンタンをエタノール中、水酸化カリウムと反応させると、2-ペンテンが主に得られ、1-ペンテンは少量得られるだけである。



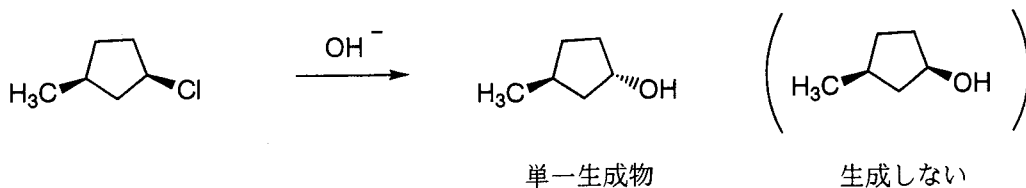
3) *p*-クロロトルエンを塩素化すると、2,4-ジクロロトルエンが主に得られ、3,4-ジクロロトルエンは少量得られるだけである。



4) *trans, cis, trans*-2,4,6-オクタトリエンを加熱すると、*cis*-5,6-ジメチル-1,3-シクロヘキサジエンが得られ、*trans*異性体は全く生成しない。



5) *cis*-1-クロロ-3-メチルシクロペンタンに水酸化ナトリウムを反応させると、*trans*-3-メチルシクロペンタノールが得られ、*cis*異性体は全く生成しない。



第10問 生物学(1)

生体膜を介してのイオンの受動輸送と能動輸送に関して、以下の小問に答えよ。

1. イオンの受動輸送と能動輸送の違いを述べよ。
2. 神経細胞の軸索にある電位依存性ナトリウムチャネルでのイオン輸送の仕組みとその役割について説明せよ。
3. 神経細胞にあるナトリウムポンプ (Na^+ , K^+ -ATPase) でのイオン輸送の仕組みとその役割について説明せよ。
4. 小腸の上皮細胞などで見られる Na^+ 依存性グルコース輸送の仕組みを説明せよ。
5. ミトコンドリア内膜を介したプロトン (H^+) の輸送をATPの合成と関連付けて説明せよ。

第11問 生物学(2)

性の決定に関する次の文を読み、以下の小問に答えよ。

[文]

雌雄の分化のある動物において、雌雄差により異なる数や形を示す染色体を [①]、それ以外の染色体を [②] とよぶ。

ショウジョウバエでは、[①]であるX染色体と[②]との量比で性が決まることが知られている。この量比がある値より小さいと、SXLと呼ばれるタンパク質の mRNA 前駆体が異なる部位でスプライシングされ、結果的に性質の異なる短いタンパク質が形成され (ア)、オスへの分化が決定される。

ヒトの場合、精巢の形成を支配しているのは、[③]染色体の短腕(動原体をはさんで短い方の染色体部分)上の遺伝子であることが知られている。この短腕のみが存在し、長腕の欠落したヒトは[④]となる。逆に、長腕はあるが短腕の欠落したヒトは[⑤]となる。

この遺伝子産物であるタンパク質は、[⑩]に結合する性質をもっており、他の遺伝子の発現をコントロールする (イ) ことによって精巢の形態形成を制御していると考えられた。また、胎児の精巢が形成される時期に、[⑥]胚葉由来組織で生殖器官の原器となる箇所に、この遺伝子が多く発現していることも示された。一連の研究の中でもっとも決定的なものは、マウス[⑦]に、この遺伝子を注入する方法で作られたトランスジェニックマウスを使った実験である。この実験では、本来[⑧]となるべきマウス個体が、外見上[⑨]となったのである。ただし、この場合、精子の正常な形成は観察できなかった (ウ)。

1. 文中の空欄 [①] ~ [⑨] の中に入れる適切な語句は何か。番号とともに解答用紙に記せ。ただし、④, ⑤, ⑧, ⑨は形態上の性差を示す語句である。
2. 下線部 (ア) のような調節機構を何とよぶか。
3. 下線部 (イ) の空欄 [⑩] に適切な語句を入れよ。また、このような性質を持つタンパク質は一般に何とよばれているか。
4. 下線部 (ウ) のような結果となった理由を考え、簡潔に記せ。

植物の発生と成長に関する以下の小問に答えよ。

1. いま、シロイヌナズナの種子の胚の中の1個の細胞で、ある染色体上のひとつの遺伝子が突然変異を起こしたとする。そして、その種子から育った植物体上で自花受粉によって生じた種子の中の胚の細胞はその変異遺伝子をホモで持っていたとする。この場合、この変異遺伝子はどのような過程を経て、この胚に受け継がれたと考えられるか。植物の生活環を考慮して説明せよ。ただし、このシロイヌナズナの植物体は2倍体である。
2. 陸上植物の形態形成は動物のそれとどのような点で大いに異なるか説明せよ。
3. マカラスムギの芽生えが成長するとき、子葉鞘の細胞は芽生えの成長の方向に沿って伸長成長する。この伸長成長における細胞壁の役割について説明せよ。

平成14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 地学(1)

密度分布が、 $\rho(r)$ で与えられる球対称の星を考える。ここで r は中心からの距離を表す。

1. r 内に含まれる質量 $M(r)$ の表式を $\rho(r)$ を積分した表式で示せ。
2. 圧力分布を $P(r)$ として、重力と圧力の力学的釣り合いの式を導出せよ。ただし、 G を重力定数とする。
3. 上の2つの設問で導出した2つの方程式から、 $M(r)$ を消去して、 $\rho(r), P(r)$ からなる二階の微分方程式を導出せよ。
4. 状態方程式が、 $P(r) = K\rho(r)^2$ (K は定数) で与えられている場合を考える。設問3で導出した方程式を、 ρ に対する二階の微分方程式に書き換えよ。
5. 設問4で与えた状態方程式の場合には、星の半径は、星の全質量や密度分布によらず一定となる。何故か説明せよ。

第14問 地学(2)

1. 上部大陸地殻を構成する岩石は、放射性元素(ウラン・トリウム)を多く含み、 $1 \times 10^{-9} \text{W/kg}$ のわりで発熱している。これに対して海洋地殻を構成している岩石は、それほど放射性元素を含まず、発熱量は $3 \times 10^{-11} \text{W/kg}$ にすぎない。今仮に、この地殻内で発生した熱がすべて地表面を通して地球外に放出されたとすると、大陸域、海洋域それぞれについて、熱流量は地表面単位面積あたり、何 mW/m^2 となるか。ただし、上部大陸地殻の厚さは 15km 、上部大陸地殻を構成する岩石の密度は 2700kg/m^3 、海洋地殻の厚さは 7km 、海洋地殻を構成する岩石の密度は 3000kg/m^3 とせよ。

2. 図1,2に、それぞれ、実際に北米大陸と北太平洋で測定された地表面に於ける熱流量の値を、その地域の年齢に対してプロットしたものを示す。北米大陸では十億年以降、北太平洋では5千万年以降熱流量はほぼ定常な値になっている。これらの定常値と(1)の結果を比較してどのようなことが結論されるか述べて。

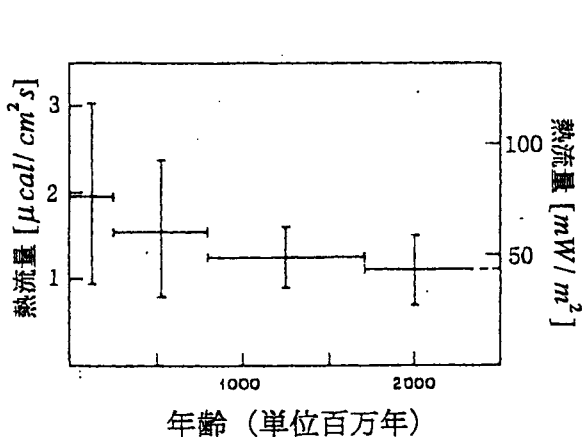


図1 北米大陸

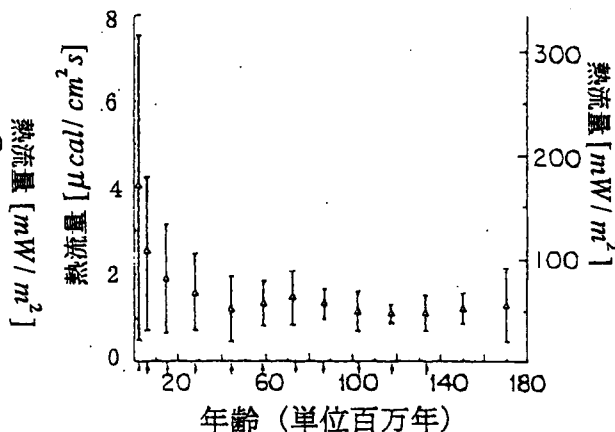


図2 北太平洋

3. 図3に、図2より詳しく、全海洋域に於ける熱流量の測定値を海底の年齢に対してプロットしたものを示す。また、図4に、海の深さを海底の年齢に対してプロットしたものを示す。なぜ、海洋域に於ける熱流量や海の深さと、海底の年齢の間に図に示されたような関係が生じるのか述べて。

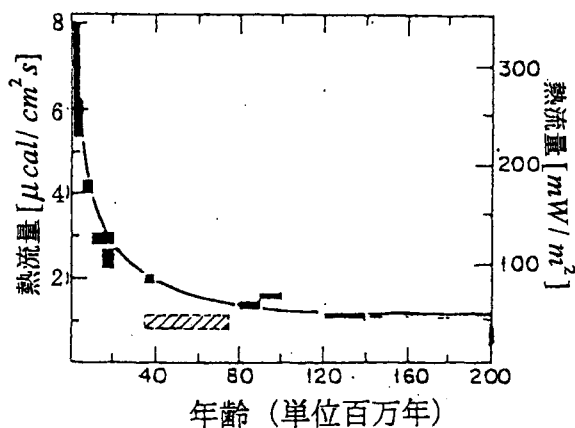


図3 熱流量

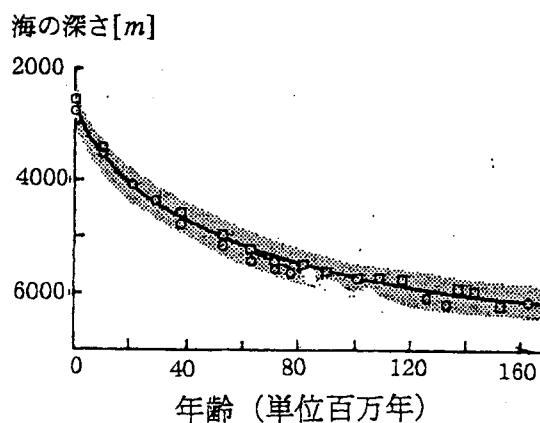
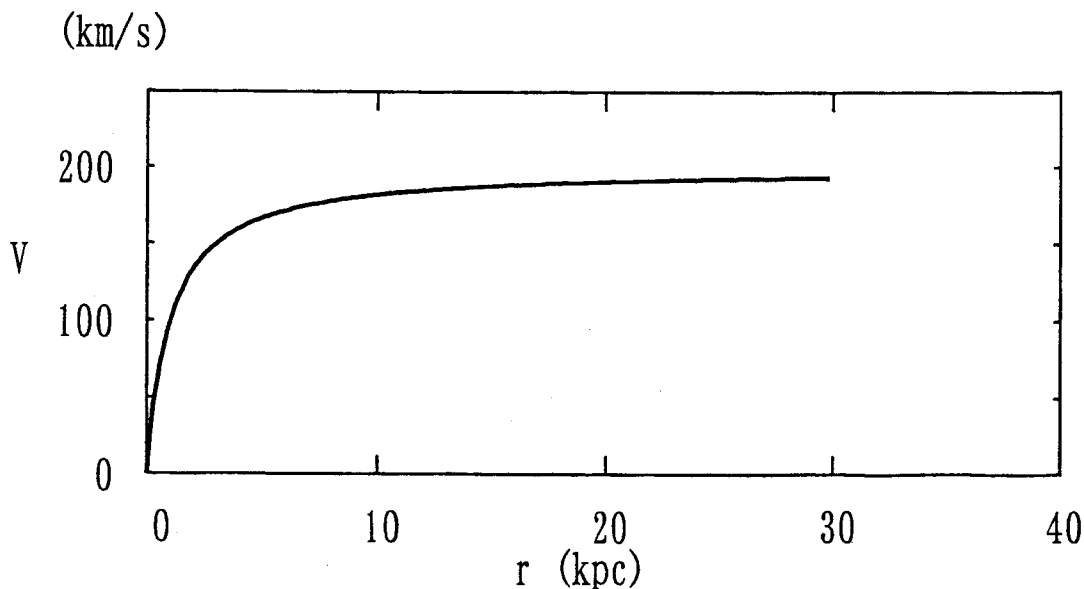


図4 海の深さ

第15問 地学(3)

渦状銀河の回転曲線とは、銀河中心から円盤に沿った方向への距離に対する回転速度をあらわしたものである。その特徴を概念的に書くと図のようになる。一方、この渦状銀河を可視光線で観測して質量 M を推定すると $10^{11} M_{\odot}$ であった。ここで、 M_{\odot} は太陽質量で $2.0 \times 10^{30} \text{kg}$ である。重力定数(万有引力定数)は $G = 6.7 \times 10^{-11} \text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$ 、 $1 \text{kpc} = 3.1 \times 10^{19} \text{m}$ である。以下の問に答えよ。

1. 可視光線から推定されるこの銀河の質量が中心の狭い領域に集中しているとしたとき、銀河中心の周りで半径 $R = 20 \text{kpc}$ の円運動をする質点の回転速度を、 M 、 R 、 G を使ってあらわし、その値も求めよ。
2. この銀河の回転曲線から得られる銀河中心から 20kpc の位置での回転速度と設問1. で求めた回転速度とが異なる理由を説明せよ。
3. この渦状銀河の回転曲線を使った場合、ある条件が満たされれば、電磁波を出していない重力源(ダークマターと呼ばれることが多い)が必要となる。その条件を明らかにするとともに、そうした重力源(ダークマター)が必要となる理由を説明せよ。ただし、ニュートン重力とニュートン力学は成立しているとする。



科学的発見について、具体例をあげながら、歴史的ないし哲学的観点から論じなさい。

