平成１６年度
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１５年８月２５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１９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、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６問	物理学（３）	○○○○	№○○○○

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　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

第９問　化学(３)　……………………………… 10～11

第10問　生物学(１)　…………………………… 12

第11問　生物学(２)　…………………………… 13～14

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

平成１６年度修士課程入学試験問題

相関基礎科学系　　基礎科目

第１問　　数学（１）

大きな整数 n に対して $n! = n(n-1)(n-2)\cdots 2\cdot 1 \simeq \sqrt{2\pi n}(n/e)^n$ の近似式を導出したい。以下の問いに答えなさい。

1. 実数 $x(>-1)$ に対し、

$$F(x+1) = \int_0^\infty dt\ t^x e^{-t} \tag{1}$$

で定義される関数を導入する。この関数は $x>0$ で $F(x+1) = xF(x)$ という漸化式をみたし、$n! = F(n+1)$ と表せることを部分積分を用いて示せ。

2. x が与えられた時、被積分関数を

$$t^x e^{-t} = e^{f(t)}$$

とおき、関数 $f(t)$ の最大値 $f(t_0)$ と t_0 を x を使って表せ。

3. $f(t)$ を $t=t_0$ の近傍で $(t-t_0)$ の冪級数で、

$$f(t) = f(t_0) + a(t-t_0) + b(t-t_0)^2 + \cdots$$

と展開したときの、展開係数 a、b の値を x を使って表せ。

4. 上問でえられた $(t-t_0)$ の二次までの展開式を (1) の積分に代入して、x が十分に大きいとして t に関する積分を実行し、

$$F(x+1) \simeq \sqrt{2\pi x}\left(\frac{x}{e}\right)^x$$

を導出せよ。その際、次の積分公式を利用しなさい。

$$I = \int_{-\infty}^\infty dx\ e^{-x^2} = \sqrt{\pi} \tag{2}$$

5. 積分公式 (2) を次の関係を用いて導け。

$$I^2 = \int_{-\infty}^\infty dx \int_{-\infty}^\infty dy\ e^{-x^2-y^2}$$

平成１６年度修士課程入学試験問題

相関基礎科学系　　基礎科目

第２問　　数学（２）

3行3列の定数行列 A が3行3列の行列 T によって $TAT^{-1} = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 \end{bmatrix}$ と対角化されるとする。ここで固有値はすべて実数で $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3$ とする。このときベクトル $\mathrm{x}(t)$ に対する微分方程式

$$\frac{d\mathrm{x}}{dt} = A\mathrm{x} \tag{1}$$

を考える。

1. $\mathrm{y} = T\mathrm{x}$ として $\mathrm{y}(t)$ に関する微分方程式を求めよ。
2. 初期条件 $\mathrm{y}(0) = T\mathrm{x}(0)$ の各成分を $\begin{pmatrix} y_1(0) \\ y_2(0) \\ y_3(0) \end{pmatrix}$ とした時に (1) の解を $T^{-1}, y_i(0)$ および λ_i $(i = 1, 2, 3)$ で表せ。
3. 任意の初期条件 $\mathrm{x}(0)$ に対して式 (1) の解が $t \to \infty$ で原点 $\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ に収束するための条件を λ_i $(i = 1, 2, 3)$ で表せ。
4. 以下では $A = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \\ r & -1 & 0 \\ -1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$ の場合を考える (r は正の定数)。この場合に固有値 $\lambda_i (i = 1, 2, 3)$ を求めよ。
5. 問3で求めた条件を r で表せ。
6. r が問5の条件をみたさない場合、原点に収束しない解がどのように振る舞うかを述べよ。

第３問　　数学（３）

微分方程式

$$\frac{\mathrm{d}^2y}{\mathrm{d}x^2} - 3\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}x} + 2y = 0 \tag{1}$$

$$\frac{\mathrm{d}^2y}{\mathrm{d}x^2} - 3\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}x} + 2y = \mathrm{e}^x \tag{2}$$

$$\frac{\mathrm{d}^3y}{\mathrm{d}x^3} - 4\frac{\mathrm{d}^2y}{\mathrm{d}x^2} + 5\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}x} - 2y = 0 \tag{3}$$

について以下の問に答えよ。

1. 次の文章のうち、正しいものについてはそれを証明し、誤っているものについてはその理由を述べよ。

   (i) $y_1(x)$ と $y_2(x)$ がそれぞれ (1) の解であるとき、それらの一次結合

   $$c_1y_1(x) + c_2y_2(x) \quad (c_1, c_2 \text{ は定数})$$

   も (1) の解である。

   (ii) $y_1(x)$ と $y_2(x)$ がそれぞれ (2) の解であるとき、それらの一次結合も (2) の解である。

2. 微分方程式 (1) の一般解を求めよ。
3. 微分方程式 (3) の一般解を求めよ。
4. 微分方程式 (2) の解は (3) の解であることを示せ。
5. 微分方程式 (2) の特解を求めよ。
6. 微分方程式 (2) の一般解を求めよ。

第４問　　物理学（１）

質量 m の物体が、片方の端が固定されたバネ定数 k のバネにつながれており、x-軸方向にのみ1次元運動するとする。x 方向の物体の厚みは無視できるほど小さく、バネが自然長であるときの物体の位置を原点とし、そこからの変位を $x(t)$ と記す。(バネが伸びる方向を x 軸正方向とせよ。) 以下では $\omega = \sqrt{k/m}$ とし、必要ならば解答にこの記号を用いてよい。

I　物体に、その速度の方向に逆向きで大きさに比例する（比例定数を $\alpha(>0)$ とする）抵抗力が働いている場合を考える。

(1)　運動方程式を書け。

(2)　α の次元を、時間、質量、長さの次元 T, M, L を用いて表せ。また抵抗が「非常に小さい」場合の α に対する条件を表せ。

(3)　物体を原点から $A(>0)$ だけ引っ張っておいて、時刻 $t = 0$ で静かにはなした。抵抗が非常に小さいときの $x(t)$ の振る舞いを求め、図示せよ。

II　次に、物体に、その速度の方向に逆向きで大きさの2乗に比例する（比例定数を $\beta(>0)$ とする）抵抗力が働いている場合を考える。

(1)　運動方程式を書け。

(2)　この系（物体とバネ）の持つエネルギーが時間とともに減少することを示せ。

I の (3) と同じ初期条件のもとで、抵抗が非常に小さい場合 ($\beta << m/A$) の $x(t)$ の振る舞いを近似的に求めたい。

(3)　抵抗が全くない場合の解を $x_0(t)$ とし、$x(t)$ を $x(t) = x_0(t) + \beta y(t)$ の形におく。β の一次までの精度で運動方程式を取り扱うとするとき、$y(t)$ の満たす方程式を求めよ。

(4)　区間 $0 \leq t \leq (\pi/\omega)$ における $y(t)$ の一般解を求めよ。

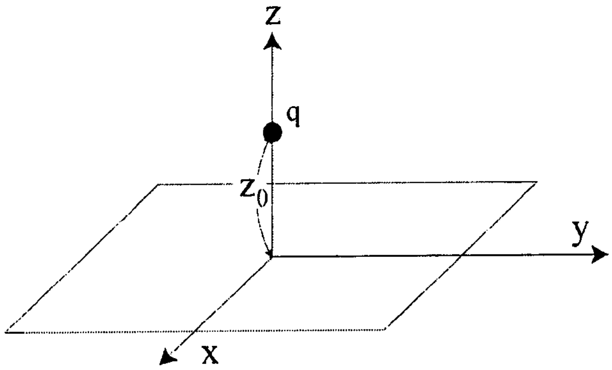
(5)　$t = 0$ での初期条件を考慮に入れて、$t = \pi/\omega$ での物体の位置と速度を求めよ。

平成１６年度修士課程入学試験問題

相関基礎科学系　　基礎科目

第５問　　物理学（２）

I.　右図のように、xy 平面上に接地された無限に広い導体平面を、また、$\vec{r}=(0,0,z_0)$ に質量 m、電荷 q の荷電粒子をおいた（$z_0>0$）。以下では重力を無視してよい。



(1) 形成される電場を求めよ。（なぜそうなるかの説明を導体の性質を用いて記述すること）

(2) z>0 における等電位面と電気力線の様子を、導体表面付近の振る舞いに注意して描き、その特徴を述べよ。

(3) 荷電粒子に働く力 $\vec{f}(\vec{r})$ を求めよ。

II.　次に、この導体面と平行に一様磁場 $\vec{B}=(0,B,0)$ がかかっている場合について、荷電粒子の運動を考える。

(1) 荷電粒子の従う運動方程式を x、y、z の各成分について書き下せ。

(2) (1)で得た運動方程式から x、及び、y を消去し、z に関する微分方程式を求めよ。

(3) z_0 に固定されていた荷電粒子を時刻 t=0 で自由に運動させた。荷電粒子が z 方向にどんな運動をするか考察せよ。荷電粒子は導体表面から遠く離れていて、荷電粒子に働く力は一定と考えてよい。

(4) (3)の条件で、荷電粒子が z 軸と垂直方向にどのような運動をするか考察せよ。（定性的議論でもよい。）

平成１６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　　物理学（３）

まっすぐにのばしたゴム糸に働く力 σ(張力) を温度 T と糸の長さ x の関数として測定すると

$$\sigma(T,x) = AT\left[\frac{x}{x_0} - \left(\frac{x_0}{x}\right)^2\right]$$

という結果を得た。A, T_0, x_0 は定数であり、温度 T_0 のときの自然長が x_0 である。このゴム糸を温度 T_0 の室内で自然長 x_0 から長さ x に急激に引き延ばした直後の温度 $T(x)$ を求めたい。以下の問いに答えよ。

(1) ゴム糸のエントロピーを $S(T,x)$、(ヘルムホルツの) 自由エネルギーを $F(T,x)$ と記す。

$$dF = \boxed{\text{(a)}}\,dT + \boxed{\text{(b)}}\,dx$$

とかくとき、$\boxed{\text{(a)}}$, $\boxed{\text{(b)}}$ にあてはまるものを書け。

(2) $\left(\dfrac{\partial S}{\partial x}\right)_T$ と $\left(\dfrac{\partial \sigma}{\partial T}\right)_x$ の関係を記せ。

(3) 糸の長さ x を固定したときのゴム糸の熱容量を C_x と記す。一般的に成立する関係式

$$\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)_S = \frac{T}{C_x}\left(\frac{\partial \sigma}{\partial T}\right)_x$$

を導け。

(4) 長さ x_0 から長さ x まで断熱準静的にゴム糸をのばすことによって得られるゴム糸の温度を $\overline{T}(x)$ とする。$\overline{T}(x)$ が求めたい $T(x)$ のよい近似になっている場合がある。どのような場合によい近似になっているのか。

(5) $T(x) = \overline{T}(x)$ を仮定し、$T(x)$ を求めよ。ただし、ゴム糸の熱容量 C_x は、(T,x) に依存しない定数とせよ。また、ゴム糸をのばすとき $(x > x_0)$、$T(x)$ と $T(x_0)$ の大小関係をのべよ。

(6) 温度 T_0 の室内でこのゴム糸をゆっくりのばすとき、ゴム糸の内部エネルギーは変化しないことを示せ。この結果を踏まえ、ゴム糸に働く張力の起源について考察せよ。

第7問　化学（1）　その1

以下の問題1、2に答えよ。

1．エチレン(C_2H_4)について、以下の問題に答えよ。

1）エチレンは平面分子であり、結合角∠CCHはほぼ120°である(図1)。この事実を混成軌道の概念に基づいて定性的に説明せよ。

2）2個の炭素原子の$2p_z$軌道をϕ_1、ϕ_2としたとき、エチレンのπ軌道は

$$\psi = c_1\phi_1 + c_2\phi_2$$

と表される。ここで、c_1、c_2は展開係数である。π軌道はH 1s軌道の寄与を含まないのはなぜか、簡単に述べよ。

3）エチレンのπ電子に対してヒュッケル法を適用する。重なり積分S($S=0$とする)、クーロン積分α、共鳴積分βを、

$$S = \int \phi_1\phi_2\, d\tau = \int \phi_2\phi_1\, d\tau$$
$$\alpha = \int \phi_1 H \phi_1\, d\tau = \int \phi_2 H \phi_2\, d\tau$$
$$\beta = \int \phi_1 H \phi_2\, d\tau = \int \phi_2 H \phi_1\, d\tau$$

と表したとき、永年方程式を示し、π軌道のエネルギーを求めよ。

4）ヒュッケル法によると、π軌道は

$$\psi_1 = \frac{1}{\sqrt{2}}(\phi_1 + \phi_2),\quad \psi_2 = \frac{1}{\sqrt{2}}(\phi_1 - \phi_2)$$

で与えられる。ψ_1とψ_2軌道では電子分布にどのような違いがあるか。

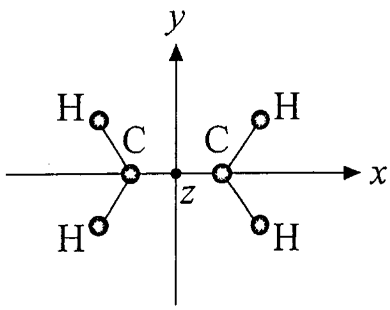


図1．エチレンの分子構造

第 7 問　化 学 （ 1 ）　その2

2．1,3-ブタジエン（C_4H_6）など鎖状の共役分子にヒュッケル法を適用すると、π 軌道のエネルギーは次式で与えられる。

$$E_j = \alpha + 2\beta \cos \frac{\pi j}{n+1} \quad (j=1, 2, \text{---}, n)$$

ここで、n は共役分子の炭素原子数を表す。以下では、n を偶数として問題に答えよ。

1）HOMO（最高被占軌道）と LUMO（最低空軌道）のエネルギーを求めよ。

2）炭素原子数 n が増すと、共役分子の光吸収の最長波長はどのように変化するか、根拠とともに説明せよ。

3）炭素原子数 n が十分に大きくなると、状態密度 $D(E)$(この場合は、単位エネルギー当たりの π 軌道の数に相当する）はどのようになると予想されるか。図 2 の中から選べ。またその理由を述べよ。

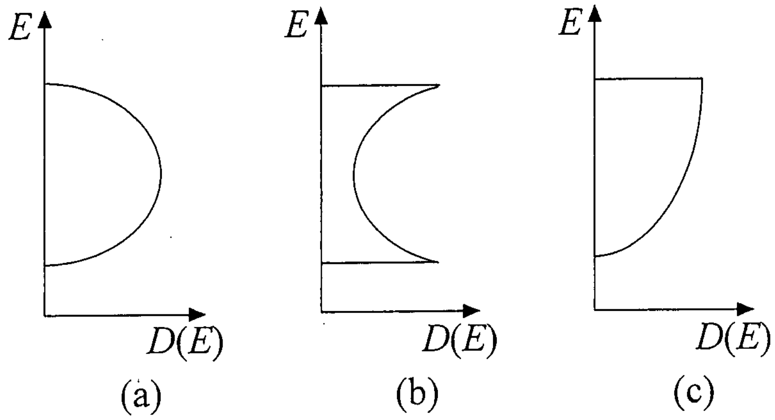


図 2．状態密度

第８問　　化学（２）

周期表第4周期の元素(下表)に関する以下の問１～８に答えよ。

族番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
元素	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr

1. これらの元素のうち、半導体の単体が存在するものを記せ。

2. これらの元素のうち、常温で強磁性体の単体が存在するものを記せ。

3. K、Ge および Br の水素化合物の化学式を記せ。また、それらの化合物の結合性の違いについて簡潔に説明せよ。

4. Kr と F の化合物として KrF_2 が知られている。KrF_2 のルイス構造(ルイス式)を書け。また原子価殻電子対反発(VSEPR)の考え方より、その立体構造を推定せよ。

5. As のふたつのオキソ酸、H_3AsO_3(亜ヒ酸)と H_3AsO_4(ヒ酸)では、どちらが酸として強いか。理由とともに記せ。

6. Fe^{3+}イオンの電子配置を例にならって記せ。

   例 Cl^-イオン：[Ne]　3s $\uparrow\downarrow$　　3p $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$ $\uparrow\downarrow$　([Ne]は $1s^2 2s^2 2p^6$ を表している)

7. 次のふたつの八面体６配位構造の Fe^{3+} 錯体の磁気モーメント(μ)は大きく異なっている。その理由を簡潔に記せ。なお、磁気モーメントの値はボーア磁子(Bohr magneton μ_B)を単位とした値である。

   $Na_3[FeF_6]$　　$\mu / \mu_B = 5.76$
   $K_3[Fe(CN)_6]$　　$\mu / \mu_B = 2.26$

8. Co^{3+}と６座の配位子 $edta^{4-}$ のつくる錯体の立体構造図を書け。また、この錯体に光学異性体は存在するか。なお、$edta^{4-}$は図１に示す構造の配位子であるが、錯体の立体構造図を書く際には図２のような略図を用いよ。

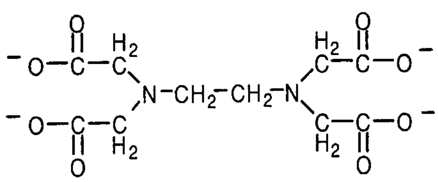


図１

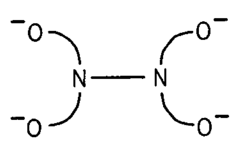


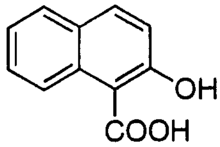
図２

第９問　化学（３）　その１

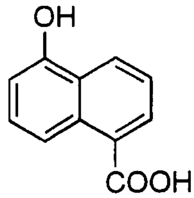
以下の問題１．２．の両方に答えよ。

１．a) に示したＡとＢ２種の化合物のうち、いずれがより強い酸と考えられるか。また、b) に示したＡとＢ２種の化合物のうち、いずれがより強い塩基と考えられるか。それぞれ理由とともに記せ。

a)

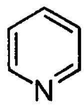


A

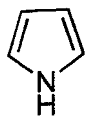


B

b)

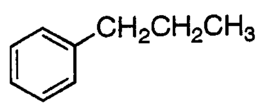
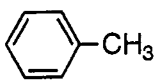
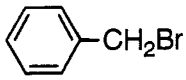
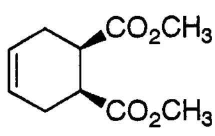
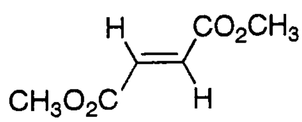


A



B

２．下表に示した a)～ d) のそれぞれについて、原料（Ａ）から生成物（Ｂ）を合成したい。まず、Ａに対して反応試薬（Ｃ）を用いたところ、いずれの場合もＢを主生成物として得ることはできなかった。以下の問に答えよ。

	原料（Ａ）	生成物（Ｂ）	反応試薬（Ｃ）
a)	$CH_3CH_2-CH=CH_2$	$CH_3CH_2CH_2CH_2Br$	HBr
b)			$CH_3CH_2CH_2Cl$, $AlCl_3$
c)			Br_2, $FeBr_3$
d)	$CH_2=CH-CH=CH_2$		

第９問　　化学（３）　その２

1） a)～ d)のそれぞれについて、AとCを反応させることによって得られる主生成物の構造式を書け。また、その生成物に鏡像異性体が存在するものはどれか。 a)～ d)の記号で答えよ。

2） a)～ d)のそれぞれについて、AからBを合成するための合成経路を要約して示せ。なお、合成過程は一段階でなくてもよい。

第１０問　生物学（１）

アデノシン５'-三リン酸（ＡＴＰ）は生体におけるエネルギー伝達体として数多くのエネルギー代謝に関与し、エネルギーの獲得およびエネルギーの利用に重要な役割を果たしている。ＡＴＰは細胞質ゾルでの解糖によっても生成するが、ミトコンドリアでの酸化的リン酸化により、効率よく合成される。ミトコンドリアは真核細胞にみられる細胞小器官で、内外二重の膜構造を持ち、内膜に囲まれた部分（マトリックス）にはクエン酸回路が、内膜には電子伝達系が存在する。ミトコンドリアは独自の遺伝子とその発現系を持っている。以下の１～６の問に答えよ。

１．ＡＴＰは高エネルギー化合物である。その理由を説明せよ。

２．ＡＴＰが利用される生体内の反応を５つあげよ。

３．次の式は酵母による発酵の収支を示したものである。
　　グルコース＋２ＡＤＰ＋２Ｐｉ(無機リン酸)＋２H^+　→
　最終生成物の名称を用いて右辺を完成し、酵母にとっての発酵の役割を記せ。

４．解糖の中間体ピルビン酸がミトコンドリアに取り込まれＡＴＰが合成されるまでの過程を簡潔に説明せよ。説明の中でＡＴＰ生成の機構、O_2の消費、CO_2の生成にふれよ。

５．ミトコンドリアのマトリックス内で合成されたＡＴＰが細胞質ゾルに移動する機構を説明せよ。

６．ミトコンドリアの遺伝子は一般的に母性遺伝することが知られている。その仕組みを説明せよ。

第１１問　生物学（２）　(その1)

動物の排出器官に関する以下の文を読み、問1～問7に答えよ。

多くの動物の初期胚では、発生が進むと3つの細胞層が区分されるようになる。これらは内胚葉、中胚葉、外胚葉と呼ばれ、動物種を越えて共通の器官に分化していく。

脊椎動物の排出器官は (A) 胚葉性の器官であり、進化とともに変化してきた。最も原始的なものは前腎であり、すべての脊椎動物の胚期に見られる。中腎が排出機能をはたすようになった動物では、前腎は退化している。さらに後腎（腎臓）が出現するものでは、中腎も退化する。

一方、中腎や後腎と体外を結ぶ輸管は次のような変化をする。すなわち、後腎ができると中腎輸管はウォルフ管となり、雄ではさらに (B) 管となる。後腎輸管は輸尿管となり (B) 管と合流する。一方、雌ではウォルフ管は退化し、やはり (A) 胚葉由来の (C) 管が輸卵管として発達する。

腎臓の機能単位であるネフロンは、(D) 体とそれを包む (E) 嚢からなる腎小体、およびそれに続く尿細管からなる。腎小体でこしだされた原尿は、近位尿細管、ヘンレ係蹄（ヘンレのループ）、遠位尿細管、集合管と経て腎盂に至る。この過程で、原尿から水分や塩類の再吸収が行われ、尿がつくられる。特にヘンレ係蹄から集合管にいたる過程で尿が濃縮されるが、ここでは対向流系と呼ばれる仕組みが働いて、管内のみならず間質（管の外側）液中に浸透圧勾配が形成されることが重要な意味を持つ。図はこの排出機構の構造を模式化したものである。ヘンレ係蹄は近位尿細管からつながる下行脚と、遠位尿細管へとつながる上行脚からなる。上行脚では水の透過性は低いが、X^+イオンが能動的に尿細管から汲み出される（間質側に再吸収される）。その結果、間質中のX^+イオン濃度が高くなり、浸透圧が高くなる。一方、下行脚では水とX^+イオンの透過性が高い。上行脚の働きによって間質の浸透圧は高くなっているので、下行脚においては、間質の浸透圧に等しくなるように、管内へのX^+イオンの受動的流入と水の受動的流出（水の再吸収）が起こる。そのために、近位尿細管側から下流のP点に近づくにしたがって、浸透圧は上昇する。こうして濃縮された尿は上行脚に向かい、上記のX^+イオンの汲み出しが行われる。このように、対向した上行脚と下行脚の働きにより、浸透圧に関しては、ヘンレ係蹄の皮質側では管内も間質中も共に低く、髄質中心側（P点側）では共に高いという勾配が作られる。この浸透圧勾配を利用して、集合管でさらに尿の濃縮が起こる。

第１１問　生物学（２）　(その２)

問１ 本文の（A）～（E）のなかに適当な語句を入れて本文を完成させよ。

問2　排出器官以外の（A）胚葉性の器官または組織を 2 つあげよ。

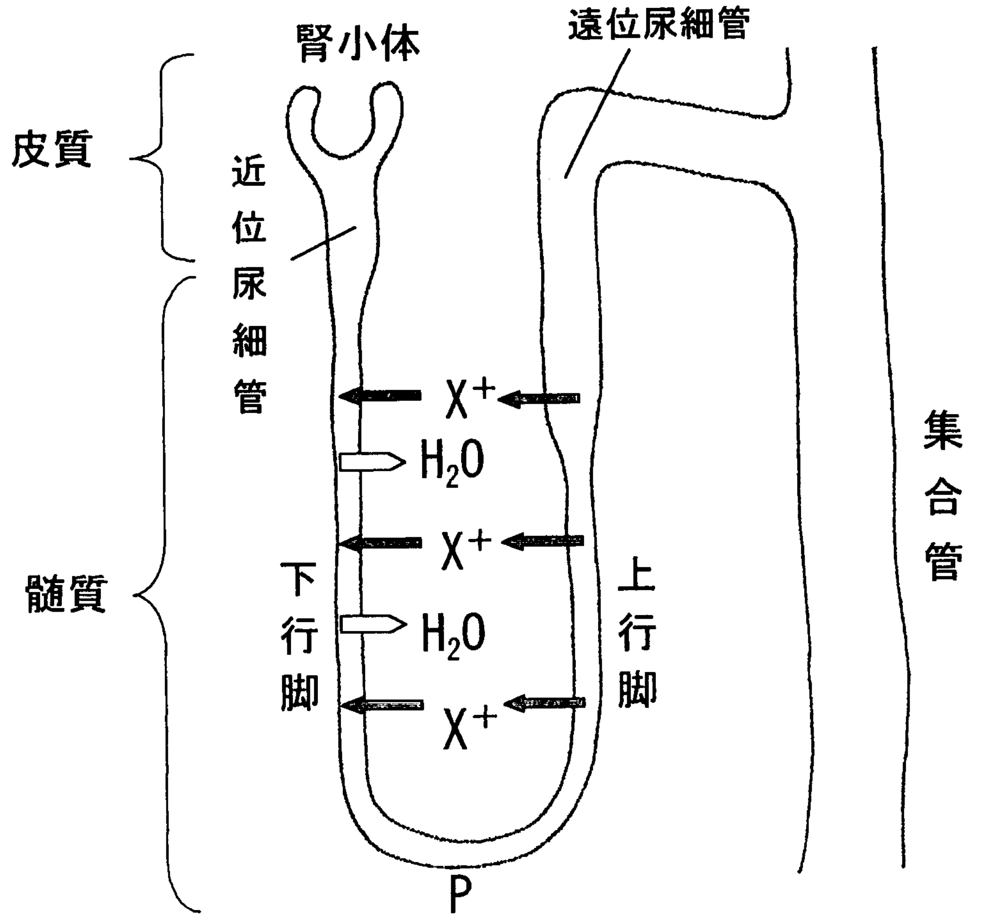
問3　原尿の浸透圧は血液の浸透圧とほぼ等しい。その理由を述べよ。

問4　X^+イオンは何か。

問5　集合管で尿の濃縮が行われるためには、水および X^+イオンの透過性について集合管はどのような性質を持っていると考えられるか。なお図中の集合管では、尿は下方（髄質中心方向）に流れるとする。

問6　ヘンレ係蹄の長さが長いほど濃縮率は高まると予想される。しかし、動物によっては腎臓が小さく、ヘンレ係蹄も短いにもかかわらず、濃い尿が出される。このような場合、その理由としてどのようなことが考えられるか。

問7　腎臓では、血漿中の低分子成分を、腎小体で一旦尿細管に排出した後に、必要な物質を再吸収するという方法をとっている。不要なものを選択的に排出する方法に比べてどのような利点が考えられるか。



平成１６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　生物学（３）

文 I と II を読んで、以下の 1~8 の問いに答えよ。

(文 I) 真核生物の細胞内には真核生物特有の大きさのリボソームと、原核生物にも見られる大きさのリボソームとが存在する。会合した状態のリボソームの大きさを[a]の単位 S をもちいて表し、前者を[b]S、後者を[c]S リボソームと呼ぶ。植物細胞がもつ細胞小器官の中で、d 原核生物型のリボソームをもつのは[e]と[f]である。この事実は細胞小器官[e]と[f]が、もともと別の独立に生きていた生物に由来し、それが進化の過程で変化して現在の姿となっていることを示す根拠の一つとなっている。

リボソームは RNA とタンパク質から構成される。[b]S リボソームがリボソーム RNA とリボソームタンパク質とから形成されるまでには、核と細胞質との間をいくつもの高分子が通過することが必要となる。

(文 II) 最近、植物ホルモンであるオーキシンに対する反応性が過剰になったシロイヌナズナ突然変異体について研究がすすみ、g その原因遺伝子の一つがユビキチン活性化酵素をコードしていることが明らかとなった。

文 I について

1. 文中[a]の中に入る適切な語句を記せ。
2. 文中[b]と[c]の中に入る適切な数字をそれぞれ記せ。
3. 文中[e]と[f]の中に入る細胞小器官の名前を記せ。
4. 文中の下線部 d のような考え方を何と呼ぶか。その名前を記せ。
   また、その考え方を支持する他の根拠１つをあげて、合わせてこの考え方を説明せよ。
5. 真核生物型のリボソームに含まれる RNA(リボソーム RNA)を転写する役割をもつ酵素名を答えよ。
6. [b]S リボソームが形成されるまでには、いくつかの高分子が核の内外に往来することが必要となる。次の(1)～ (3) の分子についてそれぞれ、合成される細胞内の場所と、核膜を通過する分子であればその機構について述べよ。
   (1)リボソームタンパク質の mRNA、(2)リボソームタンパク質、(3)リボソーム RNA

文 II について

7. ユビキチンとはどのような物質かを簡潔に説明せよ。
8. 下線部 g の知見をふまえて、この突然変異体がオーキシンに対して反応性が過剰となった機構を考えて述べよ。

第１３問　地学（１）

堆積岩および地層の形成について以下の問に答えよ。

1. 多くの堆積岩は、もともと海底などに未固結の堆積物として沈積したものが長い時間をかけて二次的に固化してできる。この堆積物の固化のプロセスは続成作用と呼ばれるが、その具体的な固化の原因およびメカニズムを図を用いて説明せよ。

2. 堆積岩の中には堆積直後の短期間に固化するものがある。その例を挙げて、形成プロセスを説明せよ。

3. 堆積岩にしばしば認められる地層面の成因を説明せよ。

4. 地層の縞模様に明瞭な周期性が認められることがある。その周期的リズムの原因として何が考えられるのか説明せよ。

平成１６年度修士課程入学試験問題

相関基礎科学系　　基礎科目

第１４問　地学（２）

宇宙膨張 (ハッブルの宇宙膨張則) に関する次の問いに答えよ。なお、簡単のため、宇宙は空間的に等方一様で、かつ加速度ゼロで膨張するとする。解答はニュートン力学の範囲内で考えてよい。

1. 下図 (左) のように、透明なフィルム用紙 (トランスペアレンシーと呼ぶ) に、銀河分布を適当に描く。これをコピー機で、たとえば、下図 (中央) のように、1.1 倍に拡大コピーする。ふたつのトランスペアレンシーをある銀河の位置で合わせて重ねると、右下の図のように、重ねた銀河から見て、遠方の銀河ほど離れて写る。この図を参考にして、ハッブルの宇宙膨張則

$$v = H_0 r \tag{1}$$

を導け。ここで、v は銀河の遠ざかる速度、r は銀河までの距離、H_0 はハッブル定数である。

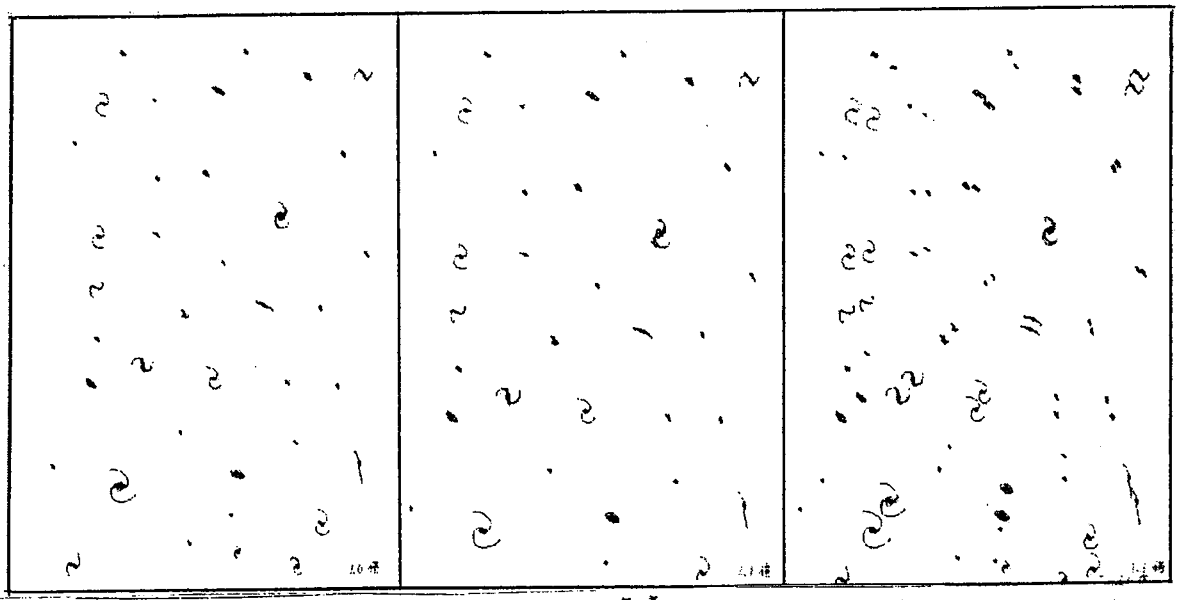
2. ある学生が、ハッブルの宇宙膨張則 [(1) 式] を

$$\frac{dr}{dt} = H_0 r \tag{2}$$

と変形し、

$$\int \frac{dr}{r} = H_0 \int dt \tag{3}$$

より、宇宙年齢 ($r = 0$ から現在の大きさ $r = r_0$ になるまでの時間) を求めようとして、宇宙年齢が無限大になってしまった。この学生の考え方のどこに間違いがあるかを明らかにし、正しい宇宙年齢を計算せよ。



1.0倍　　1.1倍　　重ねる

第１５問　地学（３）

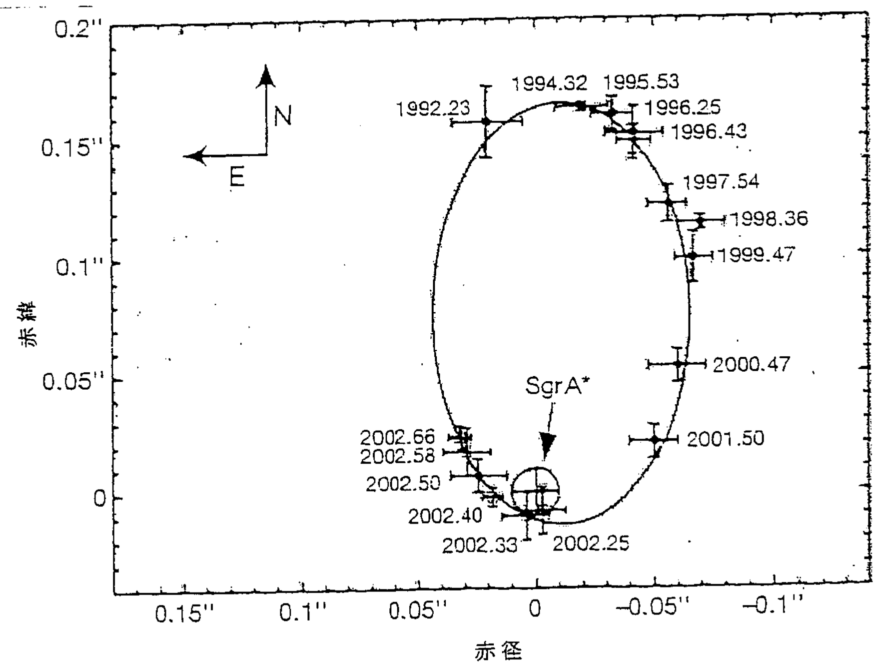
最近の様々な観測によって、銀河の中心には超大質量の天体があることが明らかになってきた。このことに関連して以下の問いに答えよ。ただし、太陽質量は$M_\odot = 2.0\times10^{30}$kg、重力定数（万有引力定数）は$G = 6.7\times10^{-11}\mathrm{m^3\ kg^{-1}\ s^{-2}}$、地球から我々の銀河中心までの距離は$R = 8.0$kpc、1 AU（天文単位）$= 4.8\times10^{-6}$pc、1 角度秒 $= 4.8\times10^{-6}$ラジアンである。また、問題文中には量的には使用しなくてもよい値も与えてあるので注意すること。

1．我々の銀河の中心領域にある天体の質量を推定する最近の方法は次のようなものであった。1992 年から 10 年以上にわたり波長 2.2μm の赤外線を使用して恒星の軌道を追跡し、その軌道運動を解析した。銀河中心にある天体のまわりの恒星の運動が円軌道であると仮定すると、どのような解析から中心天体の質量が求まるかを式を使って説明せよ。ただし、軌道半径をa、軌道周期をPとして使ってよい。

2．問１で赤外線を使用する理由を簡単に述べよ。

3．図は我々の銀河の中心にあると考えられる Sgr A*（サジタリウス A*）の周りを楕円運動している恒星の位置の変化を表したものである。図に示した恒星の運動の解析から、この恒星の軌道は Sgr A* を焦点とする楕円で、その楕円の離心率は 0.87、軌道周期が 15.2 年、軌道面に対する法線は地球からの視線方向と 46° をなしている。ところで、図を見ると、Sgr A* は楕円の焦点に位置していないが、その理由を説明せよ。

4．問１で導いた式は、円の半径のかわりに楕円の長半径（楕円の長軸の長さの半分）を使用すると楕円軌道についても成り立つ。問３の恒星の楕円軌道を地球と同じ距離から見た真の長半径は角度にして 0.12 角度秒となる。太陽の周りをまわっている地球軌道を参考にして、我々の銀河の中心天体の質量は太陽質量の何倍であるかを有効数字１桁で求めよ。



第１６問　科学史・科学哲学

科学的説明の特徴とはどのようなものか。それは、日常的に用いられる説明の仕方とどのような点で異なるのだろうか。あなたの見解を述べなさい。