

2020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

生命環境科学系 総合科目

( 2019年7月20日 13:00~16:00 )

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、生命環境科学系を志望する受験者のためのものである。
2. 本冊子の本文は28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25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12問	生物学(4)	○ ○ ○ ○	No.○○○○

6. 日本語または英語で解答すること。
7. 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。
8. 試験の開始後は、中途退場を認めない。
9. 本冊子、解答用紙及び草稿用紙は持ち帰ってはならない。
10. 次の欄に受験番号と氏名を記入せよ。

受験番号	
氏名	

# 生命環境科学系 総合科目

## 目 次

第1問	物理学（1）	1～2
第2問	物理学（2）	3
第3問	物理学（3）	4～5
第4問	物理学（4）	6～7
第5問	化学・生化学（1）	8
第6問	化学・生化学（2）	9
第7問	化学・生化学（3）	10
第8問	生物学（1）	11
第9問	生物学（2）	12
第10問	生物学（3）	13
第11問	生物学（4）	14
第12問	身体運動科学（1）	15
第13問	身体運動科学（2）	16
第14問	身体運動科学（3）	17
第15問	身体運動科学（4）	18
第16問	身体運動科学（5）	19
第17問	身体運動科学（6）	20
第18問	認知行動科学（1）	21
第19問	認知行動科学（2）	22
第20問	認知行動科学（3）	23
第21問	認知行動科学（4）	24
第22問	認知行動科学（5）	25
第23問	神経科学（1）	26
第24問	神経科学（2）	27
第25問	神経科学（3）	28

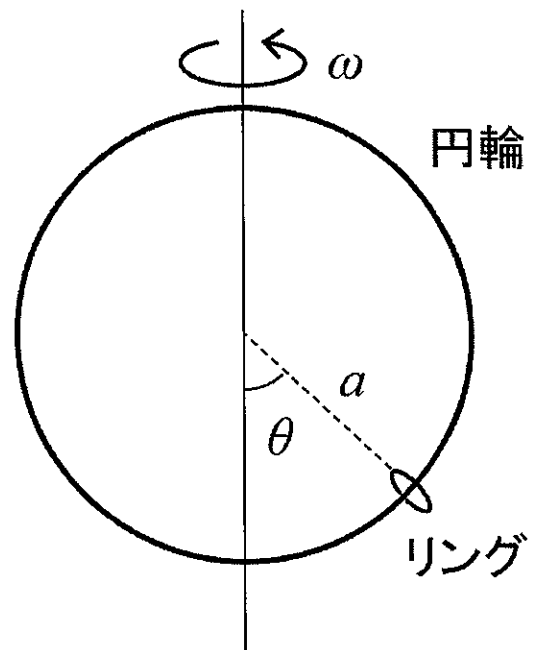
2020 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第1問 物理学(1) (その1)

以下の I, II すべてについて解答せよ。

I. 右下図のように、半径  $a$  の滑らかな円輪に、質量  $m$  の微小なリングを通した系がある。リングは微小なので、円輪の円周上に滑らかに束縛された質点とみなしてよい。円輪の1つの直径を鉛直にしてこれを軸とし、円輪を軸のまわりに一定の角速度  $\omega$  で回転させる。リングが円輪上のある位置にあったときに円輪を回転させ始めたところ、リングは円輪上を移動し、最終的には平衡位置を中心として微小振動を続けた。このとき、次の設問(1)~(5)に答えよ。ただし、図のように、円輪の中心からリングに向かう方向が鉛直下方となす角を  $\theta$  とし、平衡位置は  $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$  の範囲内にあるものとする。また、重力加速度  $g$  と、 $a$ 、 $\omega$  のあいだには、 $g < a\omega^2$  の関係式が成り立つとする。空気抵抗は無視してよい。さらに、 $x$  が微小のとき、 $\cos x \approx 1$ 、 $\sin x \approx x$  という近似式を用いてよい。

- (1) リングの平衡位置における角度  $\theta$  を  $\theta_0$  とする。  $\theta_0$  の値を求めよ。
- (2) リングが円輪から受ける抗力の向きと大きさを求めよ。
- (3) 円輪に沿ったリングの運動についての運動方程式を、角度  $\theta$  を用いて表せ。
- (4)  $\theta = \theta_0 + \phi$  (ただし  $\phi$  は微小) としたとき、 $\phi$  について成り立つ微分方程式を、 $\theta_0$  を用いずに表せ。
- (5) 平衡位置付近での微小振動の周期を求めよ。



次ページにつづく

2020 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 1 問 物理学 (1) (その 2)

II. 右下図のように、点  $O$  を中心とした半径  $b$  の一様な大球がある。この頂上に、点  $C$  を中心とした半径  $a$ 、質量  $M$  の一様な小球を静かに乗せる。大球と小球の中心線  $OC$  が鉛直上方となす角を  $\theta$  とする。いま、 $\theta = 0$  の位置で小球を静かに放したところ、小球は図のように右側に転がり出した。大球の表面は完全に粗く、小球はすべらずに転がるとする。また、大球は固定されていて動かない場合を考える。大球と小球の接触点での垂直抗力を  $N$ 、摩擦力を  $F$ 、小球の中心  $C$  まわりの回転の角速度を  $\omega$  とする。このとき、次の設問 (6) ~ (10) に答えよ。ただし、空気抵抗は無視できるものとし、重力加速度を  $g$  とする。

(6) 小球が大球と接触しているとき、小球の中心  $C$  の運動は、点  $O$  を中心とした円運動とみなすことができる。そこで、 $O$  を原点とし、 $OC$  を動径方向とした極座標を考えたとき、小球の中心  $C$  の運動について、動径方向の運動方程式、および、それと垂直な方向の運動方程式をそれぞれ求めよ。

(7) 小球の中心  $C$  まわりの回転の運動方程式を求めよ。ただし、小球の慣性モーメントが  $\frac{2}{5}Ma^2$  であることを用いてもよい。

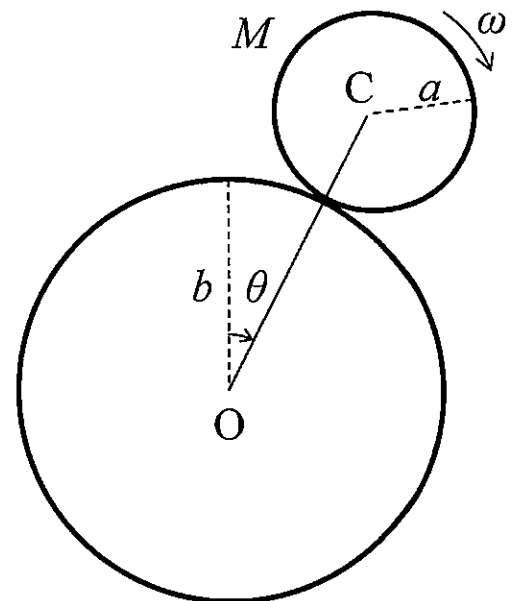
(8) 小球が大球の表面をすべらずに転がるために  $\theta$  と  $\omega$  の間に成り立つべき関係式を求めよ。

(9) 摩擦力  $F$  と垂直抗力  $N$  のそれぞれを、角度  $\theta$  を用いて表すと、 $F = \frac{Mg}{7} \boxed{\text{(ア)}}$  ,

$N = \frac{Mg}{7} \boxed{\text{(イ)}}$  と表すことができる。(ア) と (イ) を求めよ。ただし、必要ならば、

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} \frac{d\theta}{dt} = \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \left[ \left( \frac{d\theta}{dt} \right)^2 \right] \text{ であることを用いてもよい。}$$

(10) 小球が大球から離れる位置での角度  $\theta$  を求めよ。



2020 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第2問 物理学 (2)

真電荷  $Q$  をもつ半径  $a$  の導体球が誘電率  $\varepsilon$  の一様な誘電体の中にある。誘電体中の位置  $\mathbf{r}$  における分極ベクトル  $\mathbf{P}(\mathbf{r})$  と電場  $\mathbf{E}(\mathbf{r})$  との間には、 $\mathbf{P}(\mathbf{r}) = \chi \mathbf{E}(\mathbf{r})$  ( $\chi$  は定数) の関係がある。以下の【ア】から【ス】に当てはまる式、数値、語句を答えよ。なお、真空中の誘電率は  $\varepsilon_0$  である。また、極座標系では、 $\mathbf{r} = (r, \theta, \varphi)$  におけるベクトル  $\mathbf{A}(\mathbf{r}) = (A_r, A_\theta, A_\varphi)$  の発散は  $\text{div} \mathbf{A}(\mathbf{r}) = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 A_r) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\sin \theta A_\theta) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial A_\varphi}{\partial \varphi}$  で与えられる。

- (1) 誘電体中の位置  $\mathbf{r}$  における電束密度  $\mathbf{D}(\mathbf{r})$  と、 $\mathbf{P}(\mathbf{r})$  および  $\mathbf{E}(\mathbf{r})$  との関係は、 $\mathbf{D}(\mathbf{r}) = \text{【ア】}$  である。よって、 $\varepsilon$  と  $\varepsilon_0$ 、 $\chi$  との関係は  $\varepsilon = \text{【イ】}$  となる。
- (2) 導体球および誘電体中の位置  $\mathbf{r}$  における電場  $\mathbf{E}(\mathbf{r})$  は、導体球の中心に対して球対称である。よって、導体球の中心からの距離を  $R$  とすると、電場の大きさは  $R$  の関数  $E(R)$  となる。 $0 < R < a$  では  $E(R) = \text{【ウ】}$  であり、 $a < R$  では  $E(R) = \text{【エ】}$  である。
- (3) 導体球の中心を原点とする極座標系において、位置  $\mathbf{r} = (r, \theta, \varphi)$  での分極ベクトルを  $\mathbf{P}(\mathbf{r}) = (P_r(\mathbf{r}), P_\theta(\mathbf{r}), P_\varphi(\mathbf{r}))$  とすると、 $P_r(\mathbf{r})$ 、 $P_\theta(\mathbf{r})$ 、 $P_\varphi(\mathbf{r})$  は、 $Q$ 、 $\varepsilon$ 、 $\chi$  などをもちいて表すと、それぞれ、【オ】、【カ】、【キ】となる。誘電体の存在は分極電荷で表すことができる。誘電体中に分布する分極電荷の密度  $\rho(\mathbf{r})$  と  $\mathbf{P}(\mathbf{r})$  との関係は、 $\rho(\mathbf{r}) = \text{【ク】}$  である。誘電体表面に分布する分極電荷の面密度  $\omega(\mathbf{r})$  と  $\mathbf{P}(\mathbf{r})$  との関係は、表面外向きの単位法線ベクトルを  $\mathbf{n}(\mathbf{r})$  とすると、 $\omega(\mathbf{r}) = \text{【ケ】}$  となる。よって、誘電体中では  $\rho(\mathbf{r}) = \text{【コ】}$ 、導体球に接する誘電体表面では  $\omega(\mathbf{r}) = \text{【サ】}$  となる。導体球表面の分極電荷の総量は【シ】であり、その符号は  $Q > 0$  とすると【ス】である。

次に、真電荷  $Q$  をもつ半径  $a$  の導体球が油の表面に浮かんでいる場合を考える。導体球の中心は油の表面と同じ高さにある。油がない領域の誘電率、電場、電束密度をそれぞれ、 $\varepsilon_0$ 、 $\mathbf{E}_1$ 、 $\mathbf{D}_1$  とし、油がある領域のそれぞれを、 $\varepsilon$ 、 $\mathbf{E}_2$ 、 $\mathbf{D}_2$  とする。以下の【セ】から【ト】に当てはまる式、語句などを答えよ。

- (4) 油の表面で電場と電束密度が満たす接続条件は、それぞれ、【セ】と【ソ】である。ただし、油の表面に真電荷は存在しない。
- (5) 導体球の中心から位置  $\mathbf{r}$  までの距離を  $r$  とおく。油の内外の位置  $\mathbf{r}$  における電場が静電位  $\phi(r) = k/r$  ( $k$  は定数) から導かれるとすると、(4) で求めた接続条件は【タ】のようにして満たされる。 $k$  を  $Q$ 、 $\varepsilon_0$ 、 $\varepsilon$  をもちいて表すと、 $k = \text{【チ】}$  となる。
- (6) 導体球表面の電荷密度は、油に接する側で【ツ】、接しない側で【テ】となる。また、導体球の静電容量は【ト】である。これらを、 $\varepsilon_0$ 、 $\varepsilon$ 、 $a$  をもちいて示せ。

2020 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第3問 物理学 (3) (その1)

以下の問 I, II に答えよ。ただし、プランク定数を  $2\pi$  で割った定数を  $\hbar$  とする。

I. 1次元のポテンシャル障壁  $V(x)$  による質量  $m$  の粒子の反射と透過について量子力学的に考察しよう。エネルギー  $E$  が正の場合を考え、波動関数  $\psi(x)$  は

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\psi(x)}{dx^2} + V(x)\psi(x) = E\psi(x)$$

を満たすとする。まず、 $V_0$  を正の定数として図1のような

$$V(x) = \begin{cases} 0 & (x < 0 \text{ の場合}) \\ V_0 & (x > 0 \text{ の場合}) \end{cases}$$

で定義される  $V(x)$  を考え、 $E > V_0$  のときに  $x < 0$  の領域から  $x$  軸の正の方向に入射する粒子の反射と透過を考えよう。このとき  $A, B, C$  を複素数、 $k_1, k_2$  を正の実数として  $\psi(x)$  が

$$\psi(x) = \begin{cases} Ae^{ik_1x} + Be^{-ik_1x} & (x < 0 \text{ の場合}) \\ Ce^{ik_2x} & (x > 0 \text{ の場合}) \end{cases}$$

であるとする。

- (1)  $k_1$  と  $k_2$  を求めよ。
- (2)  $C$  を  $A, k_1, k_2$  を用いて表せ。
- (3)  $k_2|C|^2$  を  $k_1|A|^2$  と  $k_1|B|^2$  を用いて表せ。

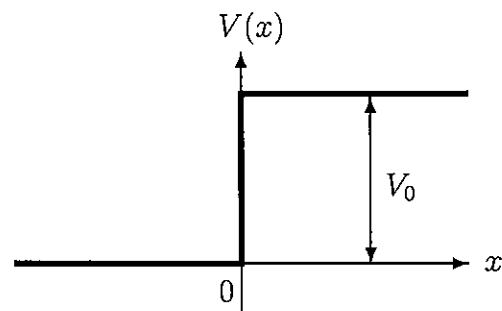


図1

次に同じポテンシャルで  $E < V_0$  の場合を考える。

- (4)  $\psi(0)$  が正の実数になるように  $\psi(x)$  を選んだときの  $\psi(x)$  の実部の概形を描け。
- (5) 古典的には粒子はポテンシャル障壁に跳ね返されるだけでポテンシャル障壁の高さは分からない。量子力学的には  $x < 0$  の領域の波動関数  $\psi(x)$  の情報からどのようにポテンシャル障壁の高さを知ることができるか簡潔に説明せよ。

最後に  $a$  を正の定数として図2のような

$$V(x) = \begin{cases} 0 & (x < 0 \text{ および } x > a \text{ の場合}) \\ V_0 & (0 < x < a \text{ の場合}) \end{cases}$$

で定義される  $V(x)$  を考え、反射がなく  $A, D$  を複素数として  $\psi(x)$  が

$$\psi(x) = \begin{cases} Ae^{ik_1x} & (x < 0 \text{ の場合}) \\ De^{ik_1x} & (x > a \text{ の場合}) \end{cases}$$

である場合を考える。

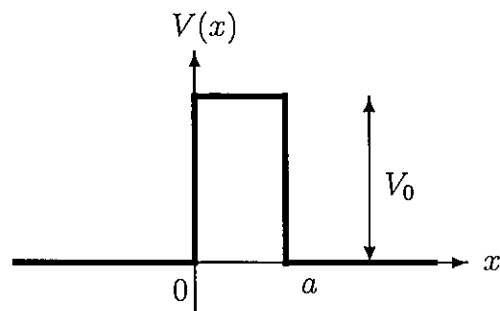


図2

- (6) このようなことが起こるすべての  $E$  の値を  $m, V_0, a, \hbar$  を用いて表せ。

2020 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第3問 物理学 (3) (その2)

II. 図3のように番号  $i = 1, 2, 3$  で区別される3つのスピンのうち、それぞれ  $z$  軸方向に上向きと下向きの2つの状態  $|0\rangle_i, |1\rangle_i$  をとることができる。2種類の相互作用  $\hat{H}_1, \hat{H}_2$  を選択的に切り替え、1番目と2番目のスピンの状態を3番目のスピンによって制御する。簡単のためプランク定数を  $2\pi$  で割った定数  $\hbar$  を1とし、相互作用  $\hat{H}_1, \hat{H}_2$  および時間  $t$  を無次元量として取り扱う。

$$\begin{aligned}\hat{H}_1 &= -\hat{\sigma}_z^{(1)}\hat{\sigma}_x^{(3)} - \hat{\sigma}_z^{(2)}\hat{\sigma}_x^{(3)}, \\ \hat{H}_2 &= (\hat{\sigma}_z^{(1)} - \hat{1})(\hat{\sigma}_z^{(3)} - \hat{1}), \\ \sigma_x^{(i)} &= \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad \sigma_z^{(i)} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}.\end{aligned}$$

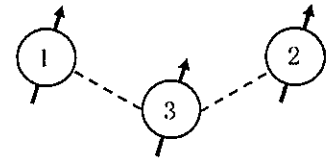


図3

ここで、 $\hat{1}$  は恒等演算子、 $\sigma_x^{(i)}, \sigma_z^{(i)}$  は  $i$  番目のスピンの演算子  $\hat{\sigma}_x^{(i)}, \hat{\sigma}_z^{(i)}$  の行列表現である。各演算子は  $\hat{\sigma}_z^{(i)}|0\rangle_i = |0\rangle_i, \hat{\sigma}_z^{(i)}|1\rangle_i = -|1\rangle_i$  を満たす。また、3つのスピンからなる状態を  $|1, 0\rangle|0\rangle \equiv |1\rangle_1|0\rangle_2|0\rangle_3$  などと記すことにする。

(1)  $(\sigma_x^{(i)})^2, (\sigma_z^{(i)})^2, \sigma_z^{(i)}\sigma_x^{(i)} + \sigma_x^{(i)}\sigma_z^{(i)}$  を計算せよ。

(2)  $\hat{\sigma}_x^{(i)}$  を  $|0\rangle_i, |1\rangle_i$  に作用させた結果をそれぞれ示せ。

(3)  $\hat{H}_1$  のもとでの時間発展演算子  $\hat{U}_1(t) = \exp(-i\hat{H}_1 t) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n!} (-i\hat{H}_1 t)^n$  が

$$\hat{U}_1(t) = \cos^2(t)\hat{1} - \sin^2(t)\hat{\sigma}_z^{(1)}\hat{\sigma}_z^{(2)} + i\cos(t)\sin(t)(\hat{\sigma}_z^{(1)} + \hat{\sigma}_z^{(2)})\hat{\sigma}_x^{(3)}$$

を満たすことを示せ。ただし、一般に可換な演算子  $\hat{A}, \hat{B}$  について、 $e^{(\hat{A}+\hat{B})} = e^{\hat{A}}e^{\hat{B}}$  が成り立つことに留意せよ。

(4)  $\hat{H}_1$  のもとで時間  $t_1$ 、続いて  $\hat{H}_2$  のもとで時間  $t_2$  だけ相互作用したときの時間発展は  $\hat{U}_2(t_2)\hat{U}_1(t_1) = \exp(-i\hat{H}_2 t_2)\exp(-i\hat{H}_1 t_1)$  と記述される。 $|0, 0\rangle|0\rangle, |0, 1\rangle|0\rangle, |1, 0\rangle|0\rangle, |1, 1\rangle|0\rangle$  の4つの状態が  $\hat{U}_2(\pi/4)\hat{U}_1(\pi/4)$  の時間発展をしたあとの状態をそれぞれ書き下せ。

次に、ある状態  $|\psi\rangle = \alpha|0, 0\rangle|0\rangle + \beta|1, 1\rangle|0\rangle$  ( $\alpha, \beta$  は定数) を用意したところ、予期せぬ相互作用により、1番目のスピンの微小回転してしまい、状態  $|\psi_\epsilon\rangle \equiv \sqrt{1-\epsilon^2}|\psi\rangle + \epsilon\hat{\sigma}_x^{(1)}|\psi\rangle$  に変化した。  $\epsilon$  の具体的な大きさは分からないが、状態  $|\psi_\epsilon\rangle$  をもとの状態  $|\psi\rangle$  に戻したい。

(5) 状態  $|\psi_\epsilon\rangle$  を問(4)の  $\hat{U}_2(\pi/4)\hat{U}_1(\pi/4)$  によって時間発展させると、

$$\hat{U}_2(\pi/4)\hat{U}_1(\pi/4)|\psi_\epsilon\rangle = |\phi_1\rangle|1\rangle + |\phi_0\rangle|0\rangle$$

という状態に変化した。1番目と2番目のスピンからなる状態  $|\phi_1\rangle, |\phi_0\rangle$  をそれぞれ具体的に書き下せ。

(6) 問(5)の状態に対し、3番目のスピンの測定をおこなうと、状態  $|\phi_1\rangle|1\rangle$  と状態  $|\phi_0\rangle|0\rangle$  のいずれかが得られる。それぞれの状態に対してさらに個別にある演算子を作用させると、微小回転量  $\epsilon$  の情報なしに状態  $|\psi\rangle$  に戻せる。各状態について必要な演算子を答えよ。

2020 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第4問 物理学 (4) (その1)

以下の問 I, II に答えよ。結果だけでなく、導出過程も簡単に記すこと。

I. 1次元調和ポテンシャル中に、相互作用しない  $N$  個の同種粒子がある。粒子の質量を  $m$ 、角振動数を  $\omega$  とすると、一粒子ハミルトニアンは  $H(x, p) = \frac{p^2}{2m} + \frac{m\omega^2}{2}x^2$  である。粒子数  $N$  は十分大きく、系は絶対温度  $T$  の平衡状態にある。以下では  $k_B$  をボルツマン定数、 $\beta = (k_B T)^{-1}$ 、プランク定数  $h$  を  $2\pi$  で割った定数を  $\hbar$  とする。スターリングの近似式  $N! \simeq N^N e^{-N}$  を用いてよい。

はじめに、カノニカル分布に従う古典粒子の場合について考える。

(1) 分配関数は、以下のように与えられる。  に当てはまる式を答えよ。

$$Z(T, N) = \frac{1}{h^N N!} \times \text{$$

(2) 内部エネルギー  $E_c$ 、エントロピー  $S_c$ 、化学ポテンシャル  $\mu_c$  を、 $T$  と  $N$  の関数として求めよ。

粒子の量子性を考え、一粒子系のエネルギー準位は  $\epsilon_n = \hbar\omega n$  ( $n = 0, 1, 2, \dots$ ) とする。また、エネルギー準位  $\epsilon_n$  に入る粒子の数 (分布関数) は、粒子がフェルミ統計に従う場合は  $f_F = \frac{1}{e^{\beta(\epsilon_n - \mu_F)} + 1}$ 、ボーズ統計に従う場合は  $f_B = \frac{1}{e^{\beta(\epsilon_n - \mu_B)} - 1}$  である。ここで  $\mu_F, \mu_B$  はそれぞれフェルミ粒子、ボーズ粒子の場合の化学ポテンシャルである。スピン自由度は考えなくてよい。

(3) フェルミ分布関数  $f_F$  およびボーズ分布関数  $f_B$  が、マクスウェル・ボルツマン分布関数  $f_M = e^{-\beta(\epsilon_n - \mu_M)}$  で近似できる場合を考える。このときの化学ポテンシャル  $\mu_M$  とエネルギー  $E_M$  を、 $T$  と  $N$  の関数としてそれぞれ求めよ。また、 $\hbar\omega \ll k_B T$  のときに、 $\mu_M$  と  $E_M$  が問 (2) で求めた  $\mu_c, E_c$  に一致することを示せ。

以下では、エネルギー準位  $\epsilon_n$  が連続的に分布しているとみなし、エネルギーの関数  $A(\epsilon)$  の和  $\sum_{n=0}^{\infty} A(\epsilon_n)$  を、一粒子状態密度  $D(\epsilon) = \frac{1}{\hbar\omega}$  を用いて積分  $\int_0^{\infty} D(\epsilon) A(\epsilon) d\epsilon$  に置きかえることができるとする。

(4) フェルミ粒子の場合の化学ポテンシャル  $\mu_F$ 、ボーズ粒子の場合の化学ポテンシャル  $\mu_B$  を、 $T$  と  $N$  の関数としてそれぞれ求めよ。また、同じ温度と粒子数のとき、 $\mu_F, \mu_B, \mu_c$  を大きいものから順に並べよ。

(5)  $N$  個のフェルミ粒子の内部エネルギー  $E_F$ 、ボーズ粒子の内部エネルギー  $E_B$  を、問 (2) で求めた  $E_c$  と比較したい。

(a)  $E_F$  および  $E_B$  を、それぞれ  $T$  と  $\mu_F$ 、 $T$  と  $\mu_B$  を含む積分の形であらわせ。

(b) 同じ温度と粒子数のとき、 $E_F, E_B, E_c$  を大きいものから順に並べよ。理由も述べること。



2020 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第4問 物理学 (4) (その2)

II. 密閉された容器内で、液体と理想気体が接し、絶対温度  $T$  で熱平衡状態にある。気液界面には、一定の表面張力  $\gamma (> 0)$  が働いている。以下では、重力の影響や温度変化は無視できるとし、気体定数を  $R$  とする。[ア] ~ [ク] に入る数式を示し、[ケ], [コ] では適切な語句を選択せよ。また問 (4) では図2を解答用紙に写し、それに適切に記入せよ。

まず一般的な熱平衡状態について考える。

- (1) 圧力変化  $dP$  と化学ポテンシャル変化  $d\mu$  の間には、体積  $V$ 、モル数  $N$  を用いて、次の関係式が成り立つ。

$$[\text{ア}] d\mu - [\text{イ}] dP = 0$$

このことから、理想気体中では、圧力が  $P_g$  のときの化学ポテンシャルは  $\mu_g = [\text{ウ}]$  と表せる。ただし、ある圧力  $P_g = P_g^0$  において  $\mu_g = 0$  とする。また、液体1モルあたりの体積が圧力によらない定数  $v_\ell$  でかけるとすると、液体中での圧力が  $P_\ell$  であるときの化学ポテンシャルは  $\mu_\ell = [\text{エ}]$  と表せる。ただし、 $P_\ell = 0$  において  $\mu_\ell = 0$  とする。

次に液体と理想気体が共存している場合の熱平衡状態について考える。

- (2) 液体の体積  $V_\ell$  とモル数  $N_\ell$  を、 $dV, dN$  だけ準静的に増加させた。それに伴い、気液界面の表面積  $A$  は  $dA$  だけ増加し、理想気体の体積とモル数は  $dV, dN$  だけ減少した。この変化により生じた系全体のヘルムホルツの自由エネルギーの変化分  $dF$  は、液体と理想気体の圧力と化学ポテンシャルをそれぞれ  $(P_\ell, \mu_\ell), (P_g, \mu_g)$  として以下のように表される。

$$dF = [\text{オ}] dV + \gamma dA + [\text{カ}] dN$$

- (3) 図1のように液体が球状の小さな液滴である場合を考える。液滴の半径  $r$  が、球状を維持したまま  $dr$  だけ大きくなった。この変化により生じた系全体のヘルムホルツの自由エネルギーの変化分  $dF$  は、問(2)の  $dV, dA$  を、 $r$  を用いて書きかえると

$$dF = [\text{キ}] dr + [\text{カ}] dN$$

と表される。これより、液滴の内外には表面張力により半径  $r$  に依存した圧力差  $P = P_\ell - P_g = [\text{ク}]$  が生じることが分かる。

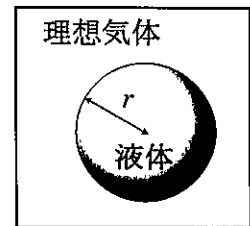


図1

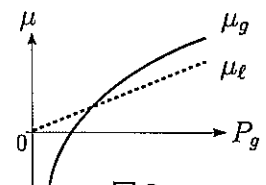


図2

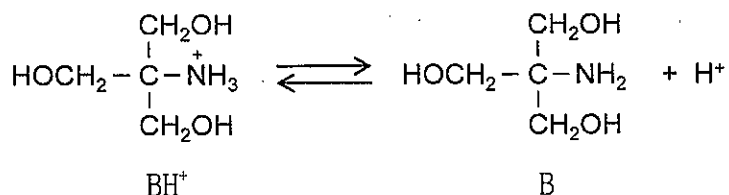
- (4) 液体と平衡状態にある気体の圧力は、飽和蒸気圧  $P_g^*$  とみなせる。液滴の半径  $r$  が十分大きい場合、気液界面は平らとみなすことができ、 $P_\ell = P_g$  が成り立つ。このときの  $\mu_\ell$  と  $\mu_g$  を  $P_g$  の関数として図2に示す。 $P_g$  軸上に  $P_g^*$  を書き入れよ。また、半径  $r$  が小さい場合、問(3)で求めた液滴内外の圧力差により、 $\mu_\ell$  と  $P_g$  の関係は、 $r$  に応じて変化する。このときの  $\mu_\ell$  を図中に実線で書き加え、 $P_g^*$  がどう変化するかを述べよ。
- (5)  $P_g^*$  は液滴半径  $r$  に依存し、 $r$  が小さくなると [ケ {高・低}] くなる。これは、小さな液滴ほど蒸発 [コ {しやすい・しにくい}] ことを意味する。

2020 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 5 問 化学・生化学 (1)

以下の問いに答えよ。必要があれば、 $\log_{10} 2 = 0.3010$ 、 $\log_{10} 3 = 0.4771$ 、 $\log_{10} 5 = 0.6990$ を用いよ。なお、答えの有効数字は 2 桁とせよ。

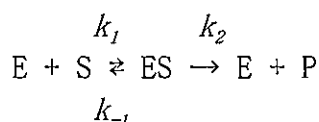
- I. Tris(hydroxymethyl)aminomethane は生化学の実験で緩衝液としてよく使用され、Tris と略して呼ばれる。Tris は水中で以下のような平衡にあり、 $H^+$  結合型を  $BH^+$ 、非結合型を B と表わすものとする。25 °Cにおいて Tris の酸解離定数  $pK_a$  は 8.1 であり、酸解離反応の標準エンタルピー変化  $\Delta H^\circ$  は  $50 \text{ kJ mol}^{-1}$  である。



- (1) 25 °Cにおいて、Tris を水に溶かし  $0.100 \text{ mol L}^{-1}$  の Tris 溶液を用意し塩酸を使って pH を 8.1 に調整した時の  $BH^+$  と B の各濃度を求めよ。
- (2) 25 °Cにおいて、Tris 緩衝液の緩衝能について考える。1 L の水 (pH 7.0) に  $0.030 \text{ mol}$  の  $H^+$  が加わった場合の pH と、(1) で調製した 1 L の Tris 緩衝液に  $0.030 \text{ mol}$  の  $H^+$  が加わった場合の pH を求め比較せよ。但し、 $H^+$  が加わった際の体積変化はないものとする。
- (3) 25 °Cにおいて Tris 緩衝液 pH 7.4 を調製した後、冷蔵庫で 4 °Cになるのを待つと、pH が 8.0 に上昇していた。この理由を 3 行以内で説明せよ。

- II. 天然状態の酵素は、特定の立体構造を形成しており、特異な生理機能を有している。温度や pH を変化させると変性が起こり構造が崩れ機能は失活する。

- (1) 酵素の高次構造の安定化に寄与している分子内相互作用を 3 つ挙げ、それぞれ 2 行程度で説明せよ。
- (2) 温度を上げていくと酵素は変性する。ある酵素の天然状態から変性状態へのエンタルピー変化  $\Delta H$  は  $160 \text{ kJ mol}^{-1}$ 、エントロピー変化  $\Delta S$  は  $500 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  であった。この酵素が変性する最低温度は何度(°C)か求めよ。但し、 $\Delta H$  と  $\Delta S$  はこの温度領域で一定であると仮定せよ。
- (3) 温度や pH による変性の他に、ある化合物を用いて可逆的に酵素を変性させることができる。そのような化合物の例を一つ挙げ、名前とともに構造式を記せ。
- (4) 酵素の天然状態から変性状態への可逆的な構造変化を追跡できる分光学的手法を一つ挙げ、原理を 3 行以内で記せ。
- (5) 酵素 E により、基質 S が生成物 P になる反応を考える。以下のように、酵素 E が基質 S と複合体 ES を形成した後、生成物 P を産生する反応機構を考え、各反応の速度定数を  $k_1, k_{-1}, k_2$  とする。



酵素 E の初濃度を  $[E]_0$  とし、中間体に定常状態近似を適用し、生成物 P の生成速度  $d[P]/dt$  を基質 S の濃度  $[S]$  と  $[E]_0$  と速度定数  $k_1, k_{-1}, k_2$  を用いて表せ。途中の計算式も省略せずに記すこと。

- (6) 基質 S が生成物 P になる反応のエンタルピー変化  $\Delta H$  と活性化エネルギー  $E_a$  を反応座標を横軸にして図示せよ。また、酵素の存在によって、 $\Delta H$  と  $E_a$  がどう変化するか、反応速度の変化と関連づけて 3 行以内で記せ。

2020 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第6問 化学・生化学(2)

I. ポリアクリルアミドゲル電気泳動 (PAGE) は、調製したタンパク質サンプルをゲルを用いて分離する手法であり、ドデシル硫酸ナトリウム (SDS) を用いるものを SDS-PAGE と呼び、SDS を用いないものに native PAGE がある。以下の問いに答えよ。

(1) SDS-PAGE と native PAGE における分離バンドの移動度の序列は、タンパク質の「分子量」、「立体構造」、「電荷」のうち、それぞれどれに影響を受けるか、理由とともに解答せよ。

(2) SDS-PAGE における SDS の役割を説明せよ。

(3) 試験管内で濃度に依存して自己会合し、二量体を形成するタンパク質がある。様々な濃度条件下における同タンパク質の二量体形成の有無を PAGE を用いて評価したい。SDS-PAGE と native PAGE のどちらを選択すべきか、理由とともに解答せよ。

(4) PAGE におけるタンパク質の分離バンドを検出する手法として、Coomassie brilliant blue などを用いる色素染色法と、抗体を用いるウエスタンブロットティング法がある。両手法の分離バンドの検出原理を実験手順とともに説明せよ。

II. タンパク質や核酸などの生体高分子間の結合定数  $K_a$  (または解離定数  $K_d$ ) を測定する手法として下のイ~ハがある。イ~ハの中から二つ選び、 $K_a$  の測定原理を実験手順とともに説明せよ。図や式などを用いて説明しても良い。

イ. 表面プラズモン共鳴法

ロ. 等温滴定型カロリメトリー

ハ. ゲルシフトアッセイ

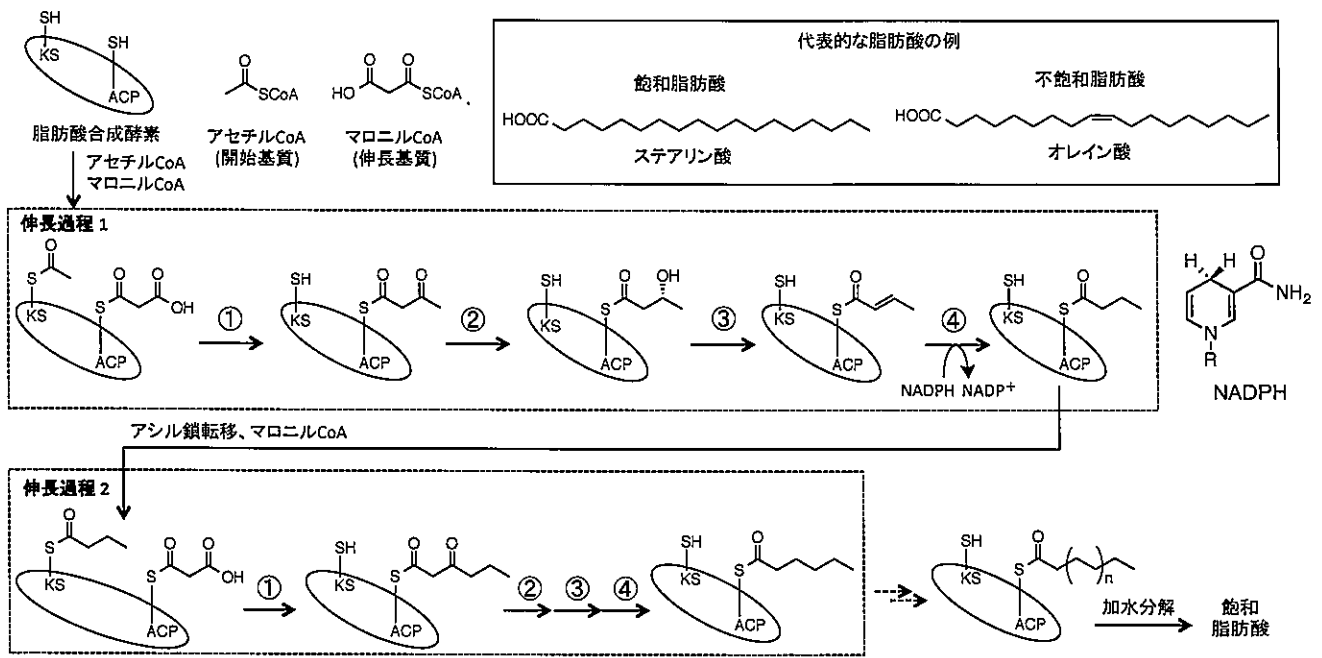
2020 年度修士課程入学試験問題  
 生命環境科学系 総合科目

第7問 化学・生化学(3)

脂肪酸に関して、以下の文章を読み、各設問に答えよ。必要であれば図を用いて良い。

脂肪酸は、下図に示すように脂肪酸合成酵素により生合成される。まず、開始基質であるアセチル CoA と伸長基質であるマロニル CoA が、酵素上の KS ドメインおよび ACP ドメインに、それぞれ結合する。次に、脱炭酸をともなうクライゼン縮合反応①により炭素数 4 のケトン中間体が生成する。続く②から④の 3 段階の反応によりケトンがメチレンへと還元される。生成した飽和な中間体は KS ドメインに転移し、ACP ドメインに再びマロニル CoA が結合する。伸長過程 2 でも①から④の反応により 2 炭素伸長した炭素数 6 の中間体が生成する。この伸長過程が繰り返され、必要な長さになった時点で、脂肪酸鎖は酵素から切り離される。

- (1) KS ドメインにおいて、基質と結合しているアミノ酸を答えよ。
- (2) 伸長過程 1 の反応①により生じるアシル鎖において、アセチル CoA 由来の炭素を記せ。
- (3) マロニル CoA のカルボニルの  $\alpha$  位の炭素は、アセチル CoA のカルボニルの  $\alpha$  位の炭素より求核性が高い。その理由を説明せよ。
- (4) ①の反応機構を書け。 $\text{C}=\text{C} + \text{H}^+ \rightarrow \text{C}^+-\text{C}$  反応機構の書き方の例
- (5) 伸長過程 1 の②の反応後に生じる不斉炭素について、立体化学を *RS* 表記で答えよ。
- (6) ③の脱水反応を触媒するドメインにおいて、反応に直接関与するアミノ酸を答えよ。
- (7) ④の反応では NADPH を利用する。NADPH の反応における役割および④の反応機構を書け。また、 $\text{NADP}^+$  の構造を書け。側鎖は図中の NADPH と同様、R として表記して良い。
- (8) 動物脂ではステアリン酸などの飽和脂肪酸が多く含まれており常温で固体のものが多い。一方、植物油ではオレイン酸などの不飽和脂肪酸が多く含まれており常温で液体である。その理由を化学構造と分子間力の観点から説明せよ。



2020 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 8 問 生物学 (1)

細胞周期に関する次の文を読み、以下の問 I ~ VI に答えよ。

サイクリン依存性キナーゼ (CDK) は細胞周期進行のエンジンとも称される酵素であり、複数の基質をリン酸化することで細胞周期の各時期に特有の多様な変化をもたらす。たとえば (a) 分裂期 (M 期) に活性化された CDK は染色体凝縮、(b) 核膜崩壊、紡錘体形成などを引き起こす。すべての染色体が紡錘体の中央に正しく整列したのちに M 期は後期へと進むが、後期の開始には (c) CDK の不活性化が必須である。

問 I 下線部 (a) について。CDK が活性化される機構について 2 行程度で説明せよ。

問 II 下線部 (b) について。動物細胞においてリン酸化により核膜崩壊が引き起こされるしくみについて、リン酸化により起こる具体的な変化に言及しながら 5 行程度で説明せよ。

問 III 生物種によっては核膜崩壊を伴わない分裂を行う。この場合の紡錘体形成、染色体分配、娘細胞核形成について、核膜崩壊を伴う細胞との違いがわかるように説明せよ。説明のために図を用いてもよいが、図のみの解答には配点しない。

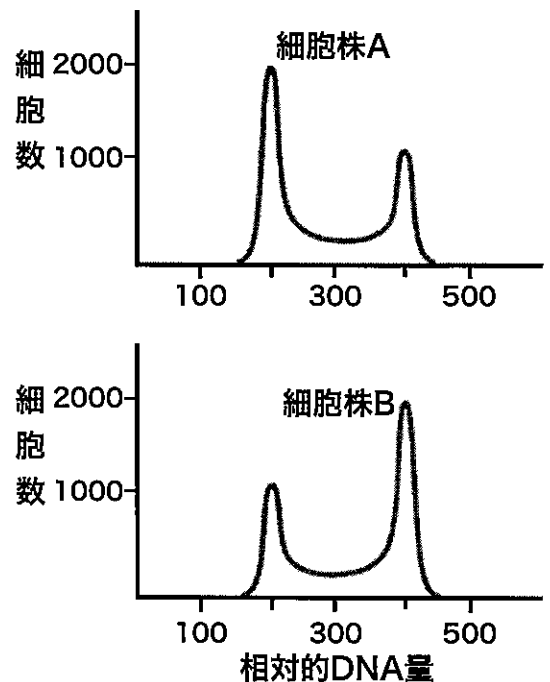
問 IV 下線部 (c) について。M 期中期直前の細胞に CDK 阻害剤を作用させて CDK を不活性化すると、細胞は通常の後期・終期とは異なる細胞内変化を示しながら M 期を脱して G1 期に入る。CDK 阻害剤では誘起できない後期・終期の細胞内変化を 1 つあげ、誘起できない理由について、通常 M 期におこる反応を記載しながら説明せよ。

問 V M 期中期から後期への移行時に起こる細胞内変化のうち CDK の不活性化に起因しないものを調べるため、M 期における CDK の不活性化が起こらない状況を作り出したい。どのような方法を用いればよいかを考え、説明せよ。

問 VI 非同調的に増殖中の細胞株 A、B がある。細胞株 A、B の S 期の長さは 6 時間、M 期の長さは 1 時間であり、細胞集団中の M 期細胞の割合はいずれも 4% であった。また、フローサイトメーターを用いて細胞の DNA 含有量を調べたところ、右の図に示すヒストグラムとなった。

(1) 培地に微小管重合阻害剤を加えてから 4 時間後に観察した場合、細胞株 A、B の M 期細胞の割合はそれぞれどの程度になっていると考えられるか、理由とともに答えよ。

(2) 培地に DNA 合成阻害剤を加え 24 時間培養した後、阻害剤を含まない培地に取り替えた。その後 M 期の細胞の割合は時間経過と共にどのように変化すると考えられるか。細胞株 A、B それぞれについて、理由とともに説明せよ。



2020 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第9問 生物学(2)

次の文を読み、問Ⅰ～Ⅵに答えよ。

シロイヌナズナの種子を滅菌して寒天培地に播き、4℃の冷蔵庫に入れて数日間、暗所で低温処理をした。その後、23℃のインキュベーターに移して暗所で発芽させたところ、黄化芽生え(もやし)が生じた。この黄化芽生えに光を照射すると、子葉が展開するとともに、子葉の緑化が起こった。

問Ⅰ 黄化芽生えの子葉には、クロロフィルの前駆体が蓄積している。その物質の名称を答えよ。また、なぜ暗所ではクロロフィルの合成まで反応が進まず、中間体が蓄積するのか、その理由も説明せよ。

問Ⅱ 黄化芽生えは光合成をする能力がないので、子葉の細胞中に蓄えられている物質を利用して従属栄養的に生育する。何が主要な栄養源として蓄えられているか、その物質の名称を答えよ。また、その物質はショ糖に変換されて利用される。どのようにショ糖に変換されるのか、その代謝の概要についても説明せよ。

問Ⅲ 文中の下線部について。黄化芽生えに光を照射すると、子葉の細胞に存在する色素体は、エチオプラストから葉緑体へと分化する。このときの色素体の形態変化の過程について、葉緑体に分化する前と後の模式図を描いて説明せよ。

問Ⅳ 葉緑体には、数千種類のタンパク質が存在する。そのなかに、ホスホリブロキナーゼとPsbOというタンパク質がある。これらのタンパク質は、葉緑体のどこに局在し、どのような機能を発揮するか、それぞれのタンパク質が局在する場所を答え、機能についても説明せよ。

問Ⅴ ホスホリブロキナーゼの酵素活性は、光照射下で顕著に上昇することが知られている。その活性化の機構および意義について説明せよ。

問Ⅵ PsbOをコードした遺伝子は核ゲノムに存在している。この遺伝子が発現してタンパク質が合成され、葉緑体の特定の場所に輸送されて機能を発揮するまでの過程について、転写、翻訳、輸送に言及しながら説明せよ。

2020 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 10 問 生物学 (3)

哺乳類のシグナル伝達に関する次の文を読み、以下の問 I ~ VII に答えよ。

1956年ロサリン・S・ヤローは同僚のソロモン・A・バーソンと共同で、血糖値を下げるホルモンである ( A ) の濃度を測定する (a) ラジオイムノアッセイ法を開発した。この測定技術の開発により、血中の様々なホルモンの濃度だけでなくウイルスの検出や抗生物質や各種医薬品の効果的な投与量の測定などが可能になった。

ホルモンはその化学的性質から (b) アミノ酸誘導体ホルモン、( B ) ホルモン、そしてペプチドホルモンに分類でき、これらのホルモンが協調して (c) ホメオスタシスに関与している。

問 I 文中の ( A ) と ( B ) に入る最も適切な語を答えよ。

問 II ( B ) のホルモンの一般的な作用機序について説明せよ。

問 III 下線部 (a) について。

ラジオイムノアッセイ法について、抗体、放射性同位体、競合という語句をすべて用いて、3行程度で説明せよ。用いた語句には下線を引くこと。

問 IV 下線部 (b) について。

アミノ酸誘導体ホルモンには、アドレナリンやセロトニンがある。アドレナリンとセロトニンの合成に用いられるアミノ酸の名称をそれぞれ記せ。

問 V 下線部 (c) について。

ホメオスタシスについて、神経系、免疫系、内分泌系という語句をすべて用いて、5行程度で説明せよ。用いた語句には下線を引くこと。

問 VI 血糖値がどのような機構によって制御されているのか、筋肉、肝臓、視床下部、グルコース輸送体、交感神経、副交感神経、という語句をすべて用いて、5行程度で説明せよ。用いた語句には下線を引くこと。

問 VII 細胞内に存在する分子Xと分子Yは、細胞1個あたり毎秒2,000分子という一定の速度で合成されている。一方、分子Xの寿命は200秒、分子Yの寿命は20秒である。分子XとYに関する以下の問いに答えよ。なお、解答に至る考え方や計算過程などを必ず記述すること。

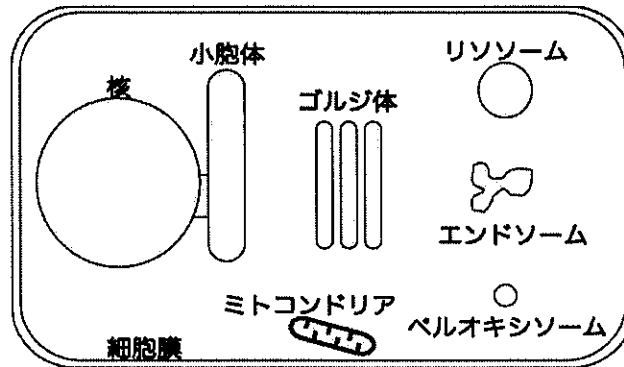
- (1) 細胞は、分子XとYをそれぞれ何分子保有しているか計算せよ。
- (2) 分子XとYの双方の合成速度が現在の10倍になり、細胞1個あたり毎秒20,000分子となった。ただし、双方の寿命は変化しなかった。合成が促進された1秒後には、分子XとYは細胞1個あたりそれぞれ何分子ずつ存在するのか計算せよ。
- (3) (2) の計算結果を踏まえ、細胞内での素早いシグナルの増幅と伝達を行うためには、分子XとYのどちらの分子を用いるのが良いと考えられるか。理由とともに説明せよ。

2020 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 11 問 生物学 (4)

以下の問 I, II に答えよ。

問 I 下図は真核細胞がもつ膜構造を模式的に示したものである。以下の小問(1)~(5)に答えよ。



- (1) 上図中に名称が示されている膜構造のうち、膜を横切ってタンパク質を直接通過させるための孔状の分子装置をもたないものをすべて挙げよ。ただし、該当するものがない場合は「なし」と解答せよ。
- (2) (1)で挙げた膜構造について、その膜から形成される輸送小胞の名称をそれぞれ挙げよ。ただし、該当する膜構造がない場合や、輸送小胞の形成が行われない膜構造は「なし」と解答せよ。
- (3) 真核細胞内の細胞小器官のうち、その内部の特定のイオン種の濃度がサイトゾルと比べて高く保たれているものを1つ挙げ、そのイオンの名称1つと、その状態を維持するために直接機能している酵素名を答えよ。酵素名が述べられていない答案には配点しない。
- (4) ある可溶性の分解酵素の前駆体について、それが最終的にリソソームの内腔に輸送されるためには、そのタンパク質が遺伝子から翻訳される一次構造中に特定の役割を担う配列を複数含むことが予測される。どのような役割の配列が予測されるか2つ挙げて、そのように予測した理由とともに答えよ。理由が述べられていない答案には配点しない。
- (5) 細胞膜には脂質ラフトとよばれる領域が見られる。この脂質ラフトについて、次に挙げる10個の語句のうち6つ以上を用いて解説せよ(用いた語句には下線を引くこと)。

スフィンゴ脂質、グリセロ糖脂質、ステロール、飽和炭化水素鎖、不飽和炭化水素鎖、ナノメートル、マイクロメートル、流動性、βバレル型膜タンパク質、脂質結合型膜タンパク質

問 II 以下の文章の(a)~(j)の下線部について、誤りがあれば正しい記述に訂正せよ。ただし、下線部が正しい場合は「正しい」と解答せよ。文章中でアミノ酸は3文字表記で示しており、アミノ酸の名称を解答する場合も3文字表記で示すこと。

真核細胞内において、小胞体に結合したリボソームで合成された新生タンパク質は、小胞体内腔において(a) Asp 残基へのN型糖鎖付加や、Ser 残基と(b) Tyr 残基への(c) P型糖鎖付加などを受ける。あるいは小胞体内腔のレドックス状態は(d) 酸性的であるため、この環境で可能となる(e) リン酸エステル結合の形成などの翻訳後修飾を受けるものもある。同時に新生タンパク質は、各種の分子シャペロンの介助により正しく折りたたまれる。このような高次構造の形成に失敗したものは異常タンパク質として認識され、(f) リソソームへと輸送されて、ユビキチンリガーゼという酵素が異常タンパク質中の(g) Cys 残基の側鎖に(h) チオール結合という共有結合によりユビキチンを結合させる(ユビキチン化)。このユビキチンにさらにユビキチン化反応が繰り返されて鎖状になることで異常タンパク質は(i) アミロイド化を受け、この部分が認識されてプロテアソームという酵素複合体中において分解される。これら一連の分解過程を小胞体(j) 品質管理分解という。



2020 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 12 問 身体運動科学 (1)

以下の設問すべてに答えなさい。

I. 持久的トレーニングにより骨格筋のミトコンドリアが増加することがよく知られている。

このことについて以下の設問に答えなさい。

- (1) 持久的トレーニングにより骨格筋のミトコンドリアが増加するメカニズムについて 5 行以内で説明しなさい。
- (2) 骨格筋のミトコンドリアが増加することにより、運動時の糖・脂質代謝にどのような変化が生じるか、その変化を生じさせるメカニズムもあわせて 5 行以内で説明しなさい。
- (3) 持久的トレーニングによる骨格筋ミトコンドリアの増加をさらに高める栄養学的手法について、そのメカニズムもあわせて知るところを 10 行以内で述べなさい。

II. 筋収縮に関連する以下の設問に答えなさい。

- (1) クレアチンリン酸について説明しなさい。
- (2) カルシウムイオンが筋収縮に果たす役割について説明しなさい。

2020 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 13 問 身体運動科学 (2)

以下の設問すべてに答えなさい。

I. 脊髄の運動制御機構に関する以下の設問に答えなさい。

- (1) 随意運動を行う際には、大脳皮質運動野から発せられた中枢指令が脊髄運動ニューロンを発火させ、それによって発生した活動電位が最終的に筋に到達することで、筋収縮が生じる。このとき主働筋の短縮に伴い拮抗筋が伸張されたとしても、健常者では拮抗筋に伸張反射は生じない。伸張反射を生じさせず円滑な関節運動を可能としている神経機序について、図を用いて説明しなさい。
- (2) スタティックストレッチングを行っている際に生じている神経活動について、以下の用語をすべて用いて説明しなさい。

Ia感覚線維、Ib感覚線維、ゴルジ腱器官

II. 以下の用語をすべて用いて、学習および記憶にかかわる神経系の可塑的变化について説明しなさい。

LTP、LTD、情動記憶、ニューロン新生、臨界期

III. 以下に示す高次運動野の解剖学的位置および機能について説明しなさい。

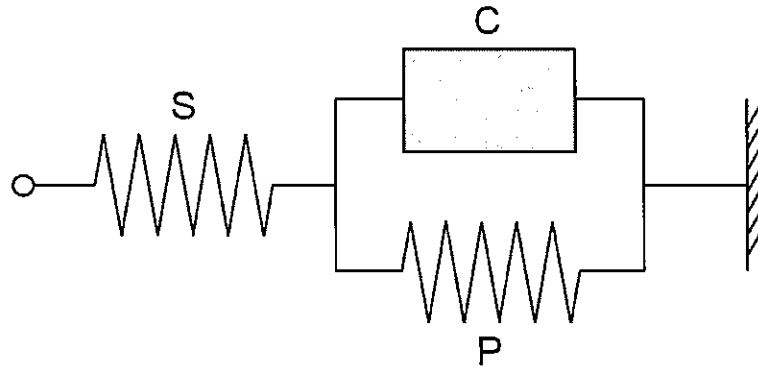
- (1) 運動前野
- (2) 補足運動野
- (3) 帯状皮質運動野

2020 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 14 問 身体運動科学 (3)

以下の設問すべてに答えなさい。

I. 下の図は、骨格筋の力学モデル（三要素モデル）の一例を示したものである。これに関連した以下の設問 (1) ~ (4) に答えなさい。



図

- (1) 図中の記号 (S、C、P) はこのモデルに含まれる三要素について、英語名称の頭文字で表したものである。それぞれの要素について知るところを述べなさい。
- (2) 収縮中の筋についてモデル化する場合、要素 P はしばしば省略される。その理由について説明しなさい。
- (3) 筋の両端を固定し、一定強度の持続的な電気刺激を与えて筋収縮（完全強縮）を発生させると、要素 S と要素 C の長さは安静状態からそれぞれどのように変化するか説明しなさい（図を用いてもよい）。なお、図は解答用紙に記入すること。
- (4) 前問 (3) の収縮条件下で筋の一方の端を解放すると、要素 S と要素 C の長さはそれぞれどのように変化するか説明しなさい（図を用いてもよい）。なお、解放後の筋には解放直前に発揮していた筋力の 50% に相当する定負荷がかかるものとする。

II. 骨格筋の解剖学的横断面積と生理学的横断面積について、測定法も含めて説明しなさい。

III. スタティックストレッチングを実施することにより、一時的に関節の可動域が増加する機序について説明しなさい。併せて、さまざまなスポーツの競技直前にスタティックストレッチングを実施することの是非について知るところを述べなさい。

2020 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 15 問 身体運動科学 (4)

以下の設問すべてに答えなさい。

- I. アスリートの腰痛の病態にはどのようなものがあるか、知るところを述べなさい。
- II. 膝関節に生じるスポーツ外傷およびスポーツ障害の例をそれぞれ 1 つ挙げ、それぞれの病態および予防法について、知るところを述べなさい。
- III. 競技スポーツにおけるドーピング違反を防ぐためにどのような対策が行われているか、スポーツ医学の観点から知るところを述べなさい。
- IV. 手関節に生じるスポーツ外傷およびスポーツ障害について、知るところを述べなさい。

2020 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 16 問 身体運動科学 (5)

以下の設問すべてに答えなさい。

- I. スポーツバイオメカニクスにおける逆ダイナミクスについて説明しなさい。
- II. フィギュアスケートにおいて選手が回転しているときに、両腕を体幹に近づけると速く回転し、体幹から遠ざけると遅く回転する。なぜこのようなことが起きるのか以下の用語をすべて用いて説明しなさい。なお、選手に作用する空気抵抗や氷との摩擦は無視できるものとする。

慣性モーメント、角速度、角運動量

- III. 自転車エルゴメーターを一定速度 (60 回転/分) で漕ぐ持久的運動について考える。60 回転/分で漕いだ際に 100 W の出力となるよう負荷設定された条件で 30 分間の運動を行った。その際、酸素摂取量 (体重 1 kg あたりの値) を計測したところ、一定値を示し、その値は 25 mL/kg/分であった。以下の設問 (1) ~ (4) に答えなさい。

なお、運動実施者の体重を 60 kg、最大酸素摂取量を 50 mL/kg/分、安静時の酸素摂取量を 3 mL/kg/分とする。体内のエネルギー代謝過程において酸素摂取 1 L あたり 20 kJ のエネルギーが産生されるものとする。単純化のため、酸素摂取量は運動開始後すぐに一定値に達するものとする。

- (1) 30 分間の運動中に運動実施者が自転車エルゴメーターに対して行った仕事を求めなさい。1 秒間に 1 J の仕事を行う場合の仕事率が 1 W であることを参考に求めなさい。
- (2) 30 分間の運動中に運動実施者が消費したエネルギーを求めなさい。
- (3) 上記運動とは別に負荷設定を 0 W としてエルゴメーターを漕いだところ、酸素摂取量が安静時より 2 mL/kg/分だけ高い 5 mL/kg/分の結果が得られた。酸素摂取量が安静時よりも高くなる理由について機械的仕事の点から説明しなさい。
- (4) 自転車漕ぎ運動の機械的効率を求めなさい。なお、負荷設定 0 W の時の酸素摂取量を基準として、その基準から超える分の酸素摂取量を自転車漕ぎ運動に関わる酸素摂取量とみなすこと。

2020 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 17 問 身体運動科学 (6)

以下の設問すべてに答えなさい。

- I. 歩行や走行などの動作解析の際に床反力計（フォースプレート）を用いると、足部と床面との接触部に働く力に加えて、圧力中心点を計測できる。圧力中心点とは何か説明しなさい。また、圧力中心点の計測原理について説明しなさい。
- II. 図 1 はランニング中のある時刻における姿勢と、足部が床面から受ける力（ベクトル  $F$ ）について示したものである。この時刻における支持脚の膝関節モーメントの大きさを算出したい。算出方法として、ベクトル  $F$  の大きさと、支持脚の膝関節中心からベクトル  $F$  方向へ下ろした垂線の長さ（ $r$ ）の積をとる方法を採用した場合の問題点について説明しなさい。なお、ランニング動作は矢状面上の動作として近似できるものとし、解析も矢状面上に限って行うものとする。

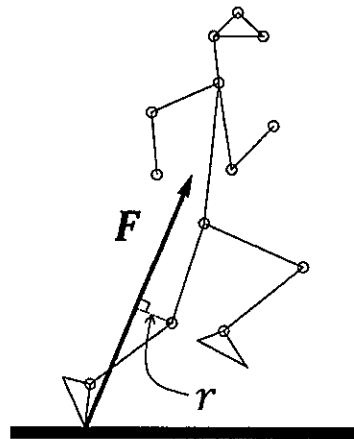
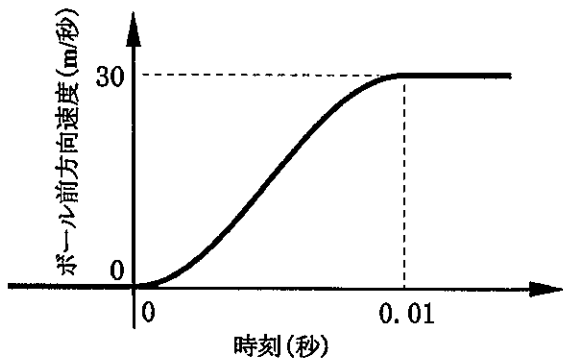


図 1

- III. サッカーボールをキックする際の足部とボールの接触部に働く力について求めたい。力を算出するため、接触時のボールの変形を考慮の上、ボール質量中心の前方向速度（ $V$ ）を計測したところ、図 2 の結果が得られた。足部とボールが接触し始める瞬間の時刻を 0 秒とした場合、足部とボールが完全に離れる瞬間は 0.01 秒であった。また、図 2 のグラフについて下式で近似できることが分かった。足部とボールの接触部に働く力について、接触中の最大値および接触中の平均値を求めなさい。なお、単純化のため、鉛直方向の速度は常に 0 m/秒とし、ボールと床の間の摩擦と空気抵抗は無視できるものとする。ボール質量は 0.5 kg、 $\pi$  は 3.14 とし、式中の  $t$  は時刻を表すものとする。



$$\begin{aligned}
 t < 0 \text{ の時: } & V(t) = 0 \\
 0 \leq t \leq 0.01 \text{ の時: } & V(t) = 15 - 15\cos(100\pi t) \\
 t > 0.01 \text{ の時: } & V(t) = 30
 \end{aligned}$$

式：ボール前方向速度の近似式

図 2

2020 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 18 問 認知行動科学 (1)

次の用語のうち、8 個を選んで簡潔に説明せよ。9 個以上選んだ場合、解答はすべて無効とする。

- (1) モノアミン仮説 (monoamine hypothesis)
- (2) さえずりの方言 (birdsong dialects)
- (3) パブリックスティグマ (public stigma)
- (4) 等輝度刺激 (isoluminant stimuli)
- (5) ノンパラメトリック検定 (non-parametric test)
- (6) 変動係数 (Coefficient of Variation)
- (7) アフォーダンス (affordance)
- (8) 内側膝状体 (medial geniculate body)
- (9) 基本 6 情動 (six basic emotions)
- (10) エイリアシング (aliasing)
- (11) 錐体細胞と桿体細胞 (cones and rods)
- (12) 大細胞経路 (magnocellular pathway)

2020 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 19 問 認知行動科学 (2)

以下の 3 問のうち 2 問 について解答せよ。

I. エピソード記憶とは何か。動物にもエピソード様記憶があることを示すための実験を 1 つ説明またはあらたに計画し、その際の実験群・統制群はどのように用意すべきかを述べよ。

II. 進化の要因としての性選択を定義せよ。性選択が生ずるメカニズムを説明せよ。性選択で進化したと考えうる形質を 3 つあげよ。

III. 言語の歌起源説とジェスチャー起源説とを対比説明し、両者を統合した言語起源論を考察して記述せよ。



2020 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 20 問 認知行動科学 (3)

以下の 3 問すべてについて解答せよ。

I. 臨床研究における前向き研究と後ろ向き研究について、代表的な研究手法をそれぞれ 1 つ挙げ、相違点を簡潔に説明せよ。

II. 大うつ病性障害と抑うつ状態の違いについて述べよ。

III. 脳画像研究でおこりやすい統計的過誤を挙げ、これを回避する方法を簡潔に説明せよ。

2020 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 21 問 認知行動科学 (4)

以下の 3 問すべてについて解答せよ。

I. 注意と意識をそれぞれ定義せよ。

II. 注意と意識をそれぞれ独立に検証することは可能かどうかについて論ぜよ。

III. ドーパミン報酬予測誤差仮説 (reward prediction error hypothesis of dopamine neuron activity) について、実際の実験の例を挙げて説明せよ。

2020 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 22 問 認知行動科学 (5)

以下の 3 問すべてについて解答せよ。

I. 視覚において、過去に与えられた刺激が現在の刺激の知覚や認知に影響する例を 2 つ挙げ、それぞれの測定方法を説明せよ。

II. ある方向に視線を移動させると網膜上の画像にはその反対方向の運動が生じるが、見ている光景が動いたとは知覚されない。その理由を心理物理学的・神経生理学的根拠を挙げて論ぜよ。

III. 視覚刺激を網膜上で完全に静止させるとどのように見えるかを述べ、なぜそのように見えるかを視覚情報処理の観点から説明せよ。

2020 年度修士課程入学試験問題  
生命環境科学系 総合科目

第 23 問 神経科学 (1)

Answer all of the following questions. Answer either in Japanese or English.

I. Synaptic transmission can be highly unreliable at small central synapses.

a) Explain the basis for such unreliability, highlighting the contribution of specific functions associated to the presynaptic neuron and to the postsynaptic neuron.

b) What are the advantages, if any, to neural circuits of having unreliable synapses?

II. Are there synapses that are specialized for reliable transmission in the nervous system? If so, give an example with a description of cellular features that support such type of synaptic transmission.

第 24 問 神経科学 (2)

Answer all of the following questions. Answer either in Japanese or English.

The motor cortices are devoted to motor control in mammals.

I. Describe the neural pathways from the primary motor cortex to the muscle.

II. Select an example body movement and explain what the primary motor cortex is coding at the level of single neurons and a population of neurons.

III. Describe the function of higher-order motor areas.

第 25 問 神経科学 (3)

Answer all of the following questions. Answer either in Japanese or English.

Long term potentiation (LTP) of synapses between neurons is thought to be a cellular correlate of memory. With regard to the canonical postsynaptic model of LTP, explain:

- I. What specific activity in connected neurons produces the necessary conditions for LTP.
- II. The molecules and mechanisms that help to initiate and consolidate LTP.
- III. The evidence supporting the idea that LTP underlies memory formation.

# 草稿用紙

# 草稿用紙



# 草稿用紙