

問題訂正

令和4年度入学者選抜学力検査問題
〈前期日程〉

科目名（理科（生物基礎・生物））

理 科

（医学部 医学科）

【問題冊子】

1

問3 (iii)

科 目	頁 数
物理基礎・物理	2 頁 ~ 7 頁
化学基礎・化学	8 頁 ~ 17 頁
生物基礎・生物	18 頁 ~ 27 頁

P 19 8行目

注意事項 I

この冊子には物理、化学、生物の問題がのっている。そこから2科目を選択し、解答すること。

(誤)

(正)

有効数字2桁 → 小数第一位

注意事項 II

- 1 試験開始の合図があるまでこの問題冊子を開いてはいけない。
- 2 試験開始の合図のあとで問題冊子の頁数を確認すること。
- 3 解答にかかる前に必ず受験番号を解答用紙に記入すること。
- 4 解答は必ず解答用紙の所定の欄に記入すること。
所定の欄以外に記入したものは無効である。
- 5 問題冊子は持ち帰ってよい。

物理基礎・物理

1 一对の正負の電荷が規則正しく並んでいる例として、塩化ナトリウムなどの陽イオンと陰イオンからなるイオン結晶がある。イオン結晶に関するエネルギーについて調べるために、ここでは正負の点電荷が直線上に等間隔で並んだ簡単なモデル（直線モデル）を考える。陽イオンと陰イオンは、それぞれ正の電気量 $+Q$ [C] ($Q > 0$) の点電荷と負の電気量 $-Q$ [C] の点電荷とする。隣り合う点電荷の距離を d [m] とし、正の電気量の点電荷と負の電気量の点電荷は、距離 d より近づくことはないものとする。点電荷を動かすときは常に十分にゆっくりであるとし、無限遠方の電位をゼロとする。また、複数の点電荷を無限遠方に移動したとき、無限遠方ではそれぞれの点電荷間の距離は十分に大きく、点電荷には引力も斥力もはたらかないとする。クーロンの法則の比例定数を k [N·m²/C²] とし、以下の問い合わせに答えよ。なお、下の表1の各種定数や記号と数値を用いてよい。

表1

クーロンの法則の比例定数	k	$9.0 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$
イオンの電気量の大きさ	Q	$1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$
イオン間の距離	d	$2.8 \times 10^{-10} \text{ m}$
アボガドロ数	N_A	$6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$
k, Q, d の計算値	$\frac{kQ^2}{d}$	$8.2 \times 10^{-19} \text{ J}$

問1 図1のように、点 A_2 に電気量 $-Q$ の点電荷が置かれている。距離 d 離れた点 A_1 の電位 $-V$ [V] ($V > 0$) を k, Q, d から必要なものを用いて表せ。

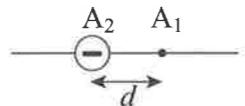


図1

以下の問2～問4において、問1の V を用いるものとし、電気量 $+Q$ と $-Q$ の複数の点電荷が交互に直線上に等間隔 d で並んだ直線モデルを考える。

問2 図2のように、電気量 $+Q$ と $-Q$ の合計4個の点電荷が点 A_1 から点 A_4 に並んでいる。

点 A_2 、点 A_3 、点 A_4 の点電荷を固定したまま、点 A_1 の電気量 $+Q$ の点電荷を右方向無限遠方に移動させる。このために必要なエネルギーの最小値は

$$QV \times (ア) \quad [\text{J}]$$

と表すことができる。 に入る数値を分数で答え、答えを導く過程を記せ。

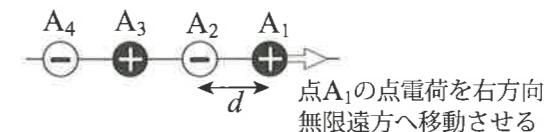


図2

問3 図3のように、電気量 $+Q$ と $-Q$ の点電荷が点 A_1 から点 A_n に合計 n 個 (n は偶数) 並んでいる。点 A_2 から点 A_n の点電荷を固定したまま、点 A_1 の電気量 $+Q$ の点電荷を右方向無限遠方に移動させる。このために必要なエネルギーの最小値は

$$QV \times \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{2} + \frac{1}{3} - \frac{1}{4} + \dots - \frac{1}{n-2} + \frac{1}{n-1} \right) \quad [\text{J}]$$

と表せることを説明せよ。

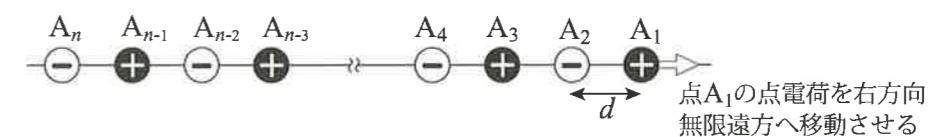


図3

問4 問3と同様に、図4(a)のように、電気量 $+Q$ と $-Q$ の点電荷が点 A_1 から点 A_n に合計 n 個 (n は偶数) 並んでいる。ここで、次の(1)から(3)の手順で点 A_n 以外の $n-1$ 個の点電荷を無限遠方に移動させるために必要なエネルギーの最小値を求める。

- (1) 点 A_2 から点 A_n の点電荷を固定したまま、点 A_1 の電気量 $+Q$ の点電荷を右方向無限遠方に移動させる (図4(a))。
- (2) その後、点 A_3 から点 A_n の点電荷を固定したまま、点 A_2 の電気量 $-Q$ の点電荷を右方向無限遠方に移動させる (図4(b))。
- (3) これらの操作を繰り返し、点 A_{n-1} の電気量 $+Q$ の点電荷まで、右方向無限遠方に移動させる (図4(c))。

このために必要なエネルギーの最小値は

$$nQV \times \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{2} + \frac{1}{3} - \frac{1}{4} + \dots - \frac{1}{n-2} + \frac{1}{n-1} \right) - QV \quad [\text{J}]$$

と表せることを説明せよ。

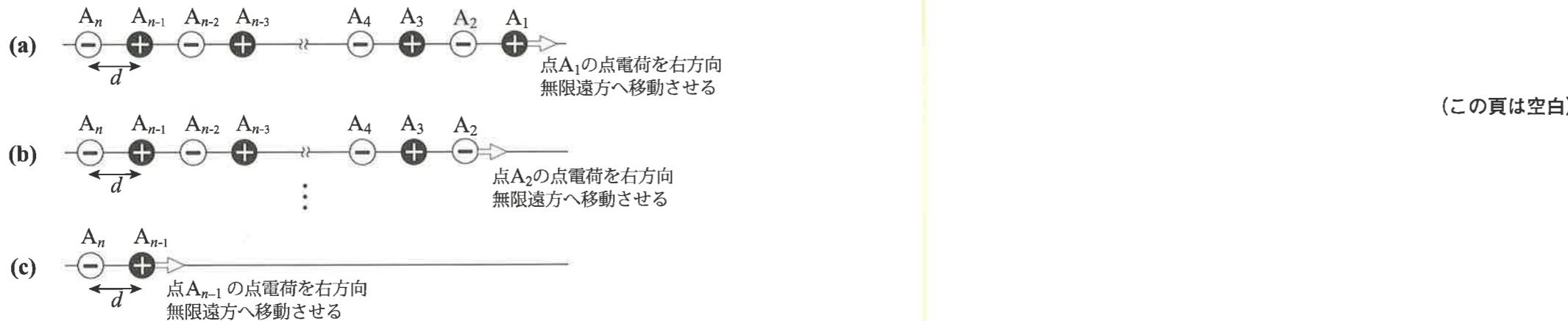


図4

問5 1モルのイオン結晶（陽イオンと陰イオンがそれぞれ1モル）に含まれるすべてのイオンを、互いの距離が十分に大きくなるまで引き離すことを直線モデルで考える。問4の結果を用いて、このために必要なエネルギーの最小値を求めよ。答えを導く過程を記し、下の選択肢から最も適切な数値の範囲を選び、①～④の番号で答えよ。なお、以下の級数の値を用いてよい。
この数値は、項数が10000を超えると、有効数字3桁まで正しい。

$$\frac{1}{1} - \frac{1}{2} + \frac{1}{3} - \frac{1}{4} + \frac{1}{5} - \frac{1}{6} + \frac{1}{7} - \frac{1}{8} + \dots \approx 0.693$$

- ① 0.1～1 kJ ② 1～10 kJ ③ 10～100 kJ ④ 100～1000 kJ

2 図5は n [mol]の理想気体が関与する熱機関を表している。A→B→C→D→Aの過程は以下のような状態変化である。

A→B: 断熱変化(圧縮) B→C: 定積変化 C→D: 断熱変化(膨張) D→A: 定積変化

状態A, B, Cの温度 T_A [K], T_B [K], T_C [K]および状態Aの体積 V_A [m³]が与えられると、その他の量は T_A, T_B, T_C, V_A, n および熱力学に関する定数を用いて表すことができる(表2)。なお、図5の熱機関について、状態Dの温度は $\frac{T_A T_C}{T_B}$ となることを示すことができる。

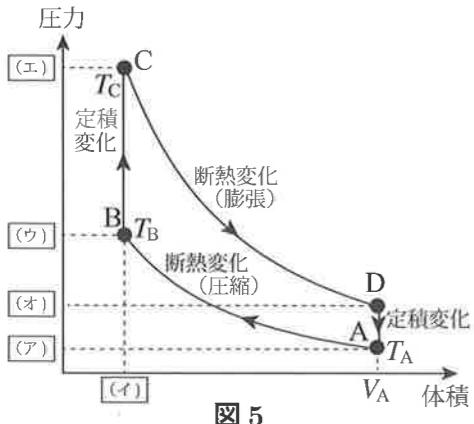


表2			
状態	温度[K]	体積[m ³]	圧力[Pa]
A	T_A	V_A	(ア)
B	T_B	(イ)	(ウ)
C	T_C	(イ)	(エ)
D	$\frac{T_A T_C}{T_B}$	V_A	(オ)

断熱変化の例として、過程C→Dについて考える(図6)。断熱変化の途中において体積 V [m³]、圧力 P [Pa]、温度 T [K]の状態から、それぞれ、微小量 ΔV [m³]、 ΔP [Pa]、 ΔT [K]だけ変化することを考える。ただし、それぞれの量 V, P, T が増加(減少)するとき、微小量 $\Delta V, \Delta P, \Delta T$ は正の値(負の値)であるとする。この断熱変化について、

- V の値ごとに P と T が決まり、
- ΔV が限りなくゼロに近づくと ΔP と ΔT も限りなくゼロに近づく。

理想気体の状態方程式 $PV = nRT$ (R [J/(mol·K)]は気体定数)を適用すると、 $\Delta V, \Delta P, \Delta T$ の変化について

$$(P + \Delta P)(V + \Delta V) = nR(T + \Delta T)$$

となるので、 ΔV が限りなくゼロに近づくと

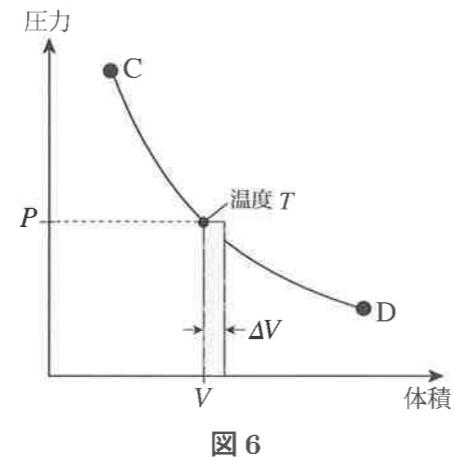
$$V \frac{\Delta P}{\Delta V} + P = nR \frac{\Delta T}{\Delta V} \quad (1)$$

という関係を得ることができる(問1)。

図6のように、体積 V で圧力 P の状態から体積が ΔV だけ微小変化したとき、熱機関の気体がする仕事の大きさは図中の P と ΔV からなる長方形の面積である。よって、熱力学第1法則より、

$$nC_v \Delta T + P \Delta V = 0 \quad (2)$$

という関係が成立する。ここで、 C_v [J/(mol·K)]は理想気体の定積モル比熱である。



理想気体の定圧モル比熱を C_p [J/(mol·K)]、比熱比を $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ とすると、式(1)と(2)から、

$$\frac{\Delta P}{\Delta V} = -\gamma \frac{P}{V} \quad (3)$$

という関係を導くことができる(問2)。断熱変化について PV^γ という量を考えると、 V についての PV^γ の変化の割合は、

$$\text{変化率} = \frac{(P + \Delta P)(V + \Delta V)^\gamma - PV^\gamma}{\Delta V} \quad (4)$$

によって表すことができる。a) ΔV が限りなくゼロに近づくとき、 PV^γ の変化率はゼロとなることを示すことができる(問3)。この結果から、断熱変化では PV^γ が一定に保たれることがわかる。

問1 式(1)を導出せよ。

問2 式(3)を導出せよ。

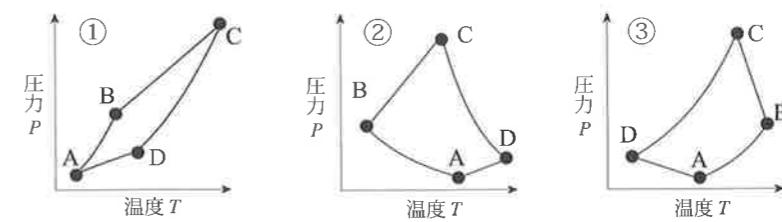
問3 実数 α, x, δ について、 $\left|\frac{\delta}{x}\right|$ が1より極めて小さいとき、近似式

$$(x + \delta)^\alpha = x^\alpha \left(1 + \frac{\delta}{x}\right)^\alpha \approx x^\alpha \left(1 + \alpha \frac{\delta}{x}\right)$$

が成立する。この近似式を用いて、下線部a)について、 ΔV が限りなくゼロに近づくとき PV^γ の変化率がゼロとなることを示せ。

問4 表2の(ア)～(オ)にあてはまる式を、 $n, R, \gamma, T_A, T_B, T_C, V_A$ の中から必要なものを用いて表し、理由を述べよ。

問5 図5の熱機関を温度 T と圧力 P のグラフに表すとどのようになるか。下の図から最も適切なものを選び、①～③の番号で答え、理由を述べよ。



問6 過程A→Bと過程C→Dで気体がする仕事、 $W_{A \rightarrow B}, W_{C \rightarrow D}$ を T_A, T_B, T_C, n, C_v の中から必要なものを用いて表せ。

問7 热機関が外部から熱を吸収する過程を下の選択肢から選び、①～④の番号で答え、その吸収する熱量 Q [J]を T_A, T_B, T_C, n, C_v の中から必要なものを用いて表せ。

① A→B

② B→C

③ C→D

④ D→A

問8 問6と問7の結果を用いて熱機関の効率 e を求め、 T_A, T_B を用いて表せ。式の変形を含んだ導出過程を記しておくこと。

化学基礎・化学

必要があれば、次の原子量を用いて計算しなさい。

$$H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, K = 39.0, I = 127.0$$

I 反応熱に関する以下の文章を読み、問1～5に答えなさい。

物質は、化学エネルギーとよばれる固有のエネルギーをもっている。この化学エネルギーは、おもに原子などの構成粒子間の (ア) によって蓄えられたものであり、(ア) の変化に伴って変化する。化学反応では、反応物と生成物のそれぞれがもつエネルギーの差が、熱などの出入りとして現れる。この熱エネルギーの量を反応熱とよび、例えば、表I-1のようになる。反応物のもつエネルギーの総和が、生成物のもつエネルギーの総和よりも大きい場合は

(イ) 反応となり、小さい場合は (ウ) 反応となる。実験により直接に測定することが
^(a) 難しい反応熱でも、ヘスの法則を利用することで計算により求めることができる。ヘスの法則では、物質が変化するときの反応熱の総和は、変化の前後の物質の種類と (エ) により決まり、変化の (オ) や方法には関係しない。

また、化学反応の際に、物質が熱エネルギーを放出するかわりに (カ) を発する現象を (キ) という。例えば、(ク) は、塩基性の水溶液中で過酸化水素と (ケ) を含む触媒を加えて酸化すると (カ) を発する。(コ) 中のヘモグロビンが (ケ) を含むため (ク) 反応の触媒として働き、科学検査において (コ) の検出に用いられる。

表I-1 化学反応と反応熱

化学反応(状態)		反応熱 [kJ/mol] 常温常压 (25 °C, 1.013 × 10 ⁵ Pa)
反応 1	炭素(黒鉛)の燃焼反応	394
反応 2	水(液)の生成反応	286
反応 3	水(気)の生成反応	242
反応 4	メタン(気)の燃焼反応	891 ^(注1)

注1：反応により生じる水が液体の場合の値。

問1 文章中の空欄 (ア) ~ (コ) に適当な語句を入れなさい。

問2 下線(a)に関連して、次の(a)～(え)の中で、実験により直接に測定することが難しい反応熱を一つ選びなさい。また、その理由を説明しなさい。

- (ア) プロパンの燃焼熱
- (イ) 一酸化炭素の生成熱
- (ウ) 水酸化ナトリウムの溶解熱
- (エ) 塩酸と水酸化ナトリウムの中和熱

問3 表I-1の反応2, 3の反応熱を用いて、常温常压での水の蒸発の熱化学方程式を示しなさい。また、答えを導く計算過程も記しなさい。

問4 表I-1の反応1, 2, 4の反応熱を用いて、常温常压でのメタン(気体)の生成熱を求めなさい。また、答えを導く計算過程も記しなさい。

問5 メタン 1 mol とエタン m mol の混合気体 A と、メタン 1 mol とエチレン n mol の混合気体 B がある。表I-2に示したように、混合気体 A, B を完全燃焼したときの反応熱は、それぞれ 5574 kJ, 2302 kJ であった。また、エチレンと水素が反応してエタンが生じる反応熱は、136 kJ であった。m = 3 × n のとき、n の値、エタンの燃焼熱 [kJ/mol]、エチレンの燃焼熱 [kJ/mol] をそれぞれ整数値で求めなさい。また、必要があれば、表I-1の反応熱、問3, 4で求めた反応熱を用いなさい。答えを導く計算過程も記しなさい。

表I-2 热化学方程式(常温常压 : 25 °C, 1.013 × 10⁵ Pa)

混合気体 A	$CH_4(\text{気}) + mC_2H_6(\text{気}) + (\frac{7}{2}m+2)O_2(\text{気}) = (2m+1)CO_2(\text{気}) + (3m+2)H_2O(\text{液}) + 5574 \text{ kJ}$
混合気体 B	$CH_4(\text{気}) + nC_2H_4(\text{気}) + (3n+2)O_2(\text{気}) = (2n+1)CO_2(\text{気}) + (2n+2)H_2O(\text{液}) + 2302 \text{ kJ}$
エチレンへの水素付加	$C_2H_4(\text{気}) + H_2(\text{気}) = C_2H_6(\text{気}) + 136 \text{ kJ}$

II

物質(a)～(n)について以下の特徴(1)～(11)を読み、間に答えなさい。

特徴(1) (a)～(n)は、常温常圧(25 °C, 1.013×10^5 Pa)において、いずれも気体である。

特徴(2) (a), (d), (g), (h), (i)は、水に溶けにくい。

特徴(3) (c), (e), (j)は、特有の色をもつ。

特徴(4) (b), (c), (j), (l), (m), (n)は、刺激臭がある。(e)は、特異臭がある。(f)は、腐卵臭がある。

特徴(5) (d), (f), (g), (h)は、還元性がある。(e), (i), (j)は、酸化性がある。(n)は、酸化性と還元性の両方の性質がある。

特徴(6) 水に溶解すると、(c), (f), (j), (k), (l), (m), (n)は、酸性を示す。(b)は、塩基性を示す。

特徴(7) (d)は、酸素と混合して点火すると爆発的に燃える。

(この頁は空白)

特徴(8) (m)は、(d)と(j)を用いて合成できる。

特徴(9) (h)は、空気に触れると(c)になる。

特徴(10) (g)は、(i)よりもヘモグロビンに結合しやすい。

特徴(11) (e), (j)は、湿ったヨウ化カリウムデンプン紙を青色に変化させる。

問 (a)～(n)は、下の枠内のいずれかの物質である。(a)～(n)にあてはまるものを一つずつ選び、それぞれ分子式で答えなさい。

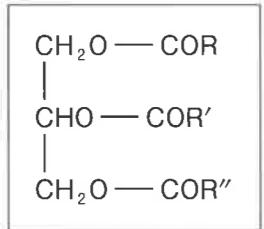
水素、酸素、窒素、オゾン、塩素、アンモニア、フッ化水素、塩化水素、硫化水素、一酸化炭素、二酸化炭素、一酸化窒素、二酸化窒素、二酸化硫黄

III 油脂に関する以下の文章を読み、問1～6に答えなさい。

油脂は、図IIIに示したように高級脂肪酸とグリセリンの(ア)化合物で、常温で液体の油脂を(イ)とよび、常温で固体の油脂を(ウ)とよぶ。(イ)は、(エ)脂肪酸を多く含み、(ウ)は、(オ)脂肪酸を多く含む。(イ)に、(カ)を触媒として高温で水素を付加すると、常温で(キ)の油脂へと変化する。この油脂を(ク)とよび、セッケンやマーガリンの原料となる。油脂を水酸化カリウム水溶液でけん化すると、脂肪酸の(ケ)とグリセリンが得られる。脂肪酸の(ケ)をセッケンという。セッケン水と油を振り混ぜると、(コ)液となる。これを(サ)作用という。

さて、いずれも純粋な化合物からなる油脂A、B、Cがある。A、Bは、それぞれ2種類の構成脂肪酸をもち、Cは、1種類の構成脂肪酸をもつことがわかっている。A、B、Cを物質量の比6:3:1で混ぜた油脂Xがある。Xのけん化価は、190であった。Xを完全に加水分解すると、表IIIに示した3種類の脂肪酸とグリセリンが得られた。

図III 油脂の構造



R, R', R'' は鎖式炭化水素基

表III 脂肪酸(RCOOH)

脂肪酸	分子式
ステアリン酸	C ₁₇ H ₃₅ COOH
オレイン酸	C ₁₇ H ₃₃ COOH
リノレン酸	C ₁₇ H ₂₉ COOH

問1 文章中の空欄(ア)～(サ)に適当な語句を入れなさい。

問2 油脂Xのけん化価190から、Xの平均分子量M_xを整数値で求めなさい。Xの平均分子量とは、Xに含まれるすべての油脂の分子量の平均値である。けん化価は、油脂1gをけん化するために必要な水酸化カリウムKOHの質量[mg]の数値である。また、答えを導く計算過程も記しなさい。

問3 油脂Xにおけるステアリン酸、オレイン酸、リノレン酸の割合をn_s、n_o、n_lとして、次の手順で、Xの平均分子量M_xをn_s、n_o、n_lを用いて表す。以下の空欄(1)～(7)にあてはまる数値を求めなさい。ただし、n_s+n_o+n_l=1である。

まず、M_xにおける炭素原子、酸素原子に由来する分子量をそれぞれM_{x-炭素}、M_{x-酸素}として求めると、

$$M_{x-\text{炭素}} = (1)$$

$$M_{x-\text{酸素}} = (2)$$

となる。

次に、M_xにおける水素原子に由来する分子量をM_{x-水素}としてn_s、n_o、n_lを用いると、

$$M_{x-\text{水素}} = (3) + (4) \times n_s + (5) \times n_o + (6) \times n_l$$

と表せる。

Xの平均分子量M_xは、M_x=M_{x-炭素}+M_{x-酸素}+M_{x-水素}だから、

$$M_x = (1) + (2) + (3) + (4) \times n_s + (5) \times n_o + (6) \times n_l$$

となる。

ここで、

$$(1) + (2) + (3) = (7)$$

より、

$$M_x = (7) + (4) \times n_s + (5) \times n_o + (6) \times n_l \dots \dots \dots \text{式(1)}$$

と表せる。

問4 油脂Xに含まれるステアリン酸とオレイン酸の物質量の比が等しいことがわかった。このとき、問3で求めた式(1)を利用してXに含まれるステアリン酸、オレイン酸、リノレン酸の物質量の比を求めなさい。また、答えを導く計算過程も記しなさい。

問5 油脂Xのヨウ素価を小数第一位まで求めなさい。ヨウ素価は、油脂100gに付加するヨウ素の質量[g]の数値で、1分子のヨウ素I₂は、油脂中の炭素原子間の二重結合1個に付加する。また、答えを導く計算過程も記しなさい。

問6 異性体を区別しないものとすると、油脂A, B, Cには、4通りの組み合わせが考えられる。それらの組み合わせ1～4を、A, B, Cの構成脂肪酸の違いがわかるように、以下の表記例にならって示しなさい。また、ステアリン酸、オレイン酸、リノレン酸は、S, O, Lとそれぞれ表しなさい。

表記例

	油脂A	油脂B	油脂C
組み合わせ ^(注1)	OOL ^(注2)	SLL ^(注2)	SSS

注1：1分子の油脂Aの構成脂肪酸は、2つのオレイン酸と1つのリノレン酸、1分子の油脂Bの構成脂肪酸は、1つのステアリン酸と2つのリノレン酸、1分子の油脂Cの構成脂肪酸は、3つのステアリン酸から構成されていることを表している。

注2：例えば、OOLとOLO、SLLとLSLは、それぞれ同じ油脂として、区別しないものとする。

(この頁は空白)

(この頁は計算用)

(この頁は計算用)

生物基礎・生物

1 次の文章を読み、下の各問い合わせに答えなさい。

ヒトのからだは、体内外の環境の変化を速やかに感知して各器官のはたらきを調節し、体内環境の変化を一定の範囲内に維持するしくみを備えている。間脳の視床下部は体内環境の変化を敏感に感知し、自律神経系および内分泌系の中核として各器官のはたらきを調節する役割を担っている。自律神経は交感神経と副交感神経からなり、体温や血液循環、消化などのはたらきを調節している。一方、ホルモンは内分泌腺と呼ばれる器官の細胞でつくられ、血液循環によって全身をめぐり、特定の組織や器官にはたらきかける。ある種のホルモンは腎臓に作用して、からだの水分量や体液に含まれるイオンの濃度を調節する。水やグルコースはほとんど再吸収されるが、尿素などの老廃物はあまり再吸収されずに尿として体外に排出される。

問1 下線部(a)について、間脳は生命維持に関係する脳幹の一部である。間脳の他に脳幹を形成する脳の構造物の名称を2つ答えなさい。

問2 下線部(b)について、

(i) 組織や器官のはたらきを調節する神経伝達物質のうち、交感神経の末端、および副交感神経の末端から分泌される物質をそれぞれ1つずつ答えなさい。

(ii) 血液中の二酸化炭素濃度が高まると、組織への酸素供給量はどのように変化するか、以下の用語をすべて使って説明しなさい。用語は何度使っても構わない。

用語：心臓拍動中枢、組織への酸素供給量、交感神経、ベースメーカー、心臓の拍動数、血流量

問3 下線部(c)について、

(i) ヒトの腎臓はどの胚葉から分化するか、答えなさい。

(ii) 脳下垂体後葉から分泌され、体液の塩分濃度を調整するホルモンの名称を答えなさい。

また、このホルモンの作用について、以下の用語をすべて使って説明しなさい。用語は何度使っても構わない。

用語：神経分泌細胞、標的細胞、アクアポリン、細胞膜、水の再吸収、尿量

(iii) ヒトの体内に投与されたイヌリンは、分解されずにすべて腎臓の腎小体でろ過され、その後全く再吸収されずに尿中に排泄される。Aさんにイヌリンを持続的に投与したところ、イヌリンの血しょう中の濃度は0.1 mg/mlで一定となった。また、Aさんの体内では1分間に1 mlの尿が生成され、尿中のイヌリン濃度は12 mg/mlであった。次に、化合物BをAさんに投与したところ、腎臓における水の再吸収率が投与前にくらべて1%減少した。

まず、Aさんの体内で、1分間にろ過される原尿の量を計算しなさい。次に、化合物Bを投与した後のAさんの尿中のイヌリン濃度を計算過程を含めて有効数字2桁まで答えなさい。ただし、化合物Bは、腎臓における水の再吸収率だけに作用するものとする。

問4 下線部(d)について、尿素は体内で生じた有害な物質からつくられる。この有害な物質と尿素をつくり出す代表的な器官の名称をそれぞれ答えなさい。

問5 海水生硬骨魚類では体液の塩分濃度が海水よりも低く保たれている。一方、淡水生硬骨魚類では、体液の塩分濃度が淡水よりも高い。それゆえ、海水生硬骨魚類と淡水生硬骨魚類では、体液の塩分濃度を調節するしくみが異なっている。硬骨魚類の環境水の取り込み、えらの機能、腎臓における水の再吸収について考察し、解答用紙の表中の2つの選択肢のうち、正しい方を丸で囲みなさい。

2 次の文章を読み、下の各問い合わせに答えなさい。

遺伝子の実体がDNAであると示されたのは20世紀半ばである。それ以前は、遺伝子が細胞核内の(ア)上に存在することがわかっていたが、遺伝子の本体がタンパク質なのか核酸なの_(a)かは不明であった。1953年にワトソンとクリックによりDNAの(イ)構造が示され、遺伝情報_(b)が正確に複製されるしくみをうまく説明することができた。その後、DNAの4種類の塩基の配列が(ウ)の数や配列順序を指定し、どのようなタンパク質がつくられるのかを決めていることがわかった。このDNAからタンパク質が合成される過程は、DNA→RNA→タンパク質の順に一方向に伝達され、生物に共通することからクリックはこれを(エ)と呼んだ。クリックが(エ)を提唱した草案には、のちにレトロウイルスの研究より発見された(オ)→(カ)への遺伝情報の伝達も予見されていた。

2019年に発生した新型コロナウイルス感染症(COVID-19)は、短期間の内に世界に拡がり、多くの人々の生活や命に影響を与えてきた。COVID-19の原因ウイルスはRNAウイルスの一種であるSARS-CoV-2である。SARS-CoV-2の感染は、ウイルスの殻上に発現するスパイクタンパク質(Sタンパク質)を介したヒトの細胞への結合が起点となる。このSタンパク質は1273アミノ酸から成り、一部のアミノ酸が変化することにより特性の異なる様々な変異株が生じる。_(c)これららの変異株は、WHO(世界保健機関)によって表1のように命名されている。

SARS-CoV-2の変異系統名 (WHO呼称)	Sタンパク質における主なアミノ酸変異
B.1.1.7(アルファ株)	N501Y
B.1.351(ベータ株)	E484K, N501Y
P.1(ガンマ株)	K417T, E484K, N501Y
B.1.617.1(カッパ株)	L452R, E484Q, P681R
B.1.617.2(デルタ株)	L452R, P681R

表1 SARS-CoV-2の変異株とSタンパク質のアミノ酸の変化

現在、世界中でSARS-CoV-2の感染を防ぐ為にワクチンの接種が行われているが、抗原そのものを投与する従来型ワクチンと異なる新しいタイプのワクチンが注目されている。このワクチンは、SARS-CoV-2のSタンパク質をコードする人工合成mRNAを脂質の膜でつつんだものであり、筋肉に接種することによって筋細胞でSタンパク質の発現が誘導される。その結果、Sタンパク質に対する免疫応答が開始され、SARS-CoV-2に対する免疫が確立する。一方、通常の_(d)人工合成mRNAをヒトの細胞に導入すると、mRNAから翻訳されたタンパク質ではなくmRNAそのものが異物として認識され、免疫応答を誘導することが知られている。免疫応答の一例とし

てTNF- α (炎症を通じた生体防御に関わるサイトカイン)の分泌などが挙げられ、このサイトカインは炎症反応の増悪や細胞死にも関与している。2005年、カリコとワイスマンは、哺乳類の細胞から分離した由来の異なる様々なRNAを脂質の膜につつんで、培養中の樹状細胞に取り込まれたところ、RNAの種類によって免疫応答(TNF- α の分泌量)が異なることを見出した(図1)。この実験で使用したRNAを詳しく調べたところ、免疫応答の低いRNAでは幾つかの塩基が化学修飾されていた。そこで同じように化学修飾したmRNAを用いることにより、不都合な非特異的炎症反応を起こさないワクチンが実用化された。

問1 (ア)～(カ)に当てはまる用語を答えなさい。

問2 下線部(a)に関して、「遺伝子の本体が核酸である」ことを示した実験法について「形質転換、病原性、肺炎双球菌」という用語を用いて答えなさい。

問3 下線部(b)に関して、遺伝情報がどのように正確に複製されるか答えなさい。

問4 下線部(c)に関して、表1に主なSARS-CoV-2の変異株のSタンパク質の主な変異を示す。

アルファ株のN501YはSタンパク質の501番目のアミノ酸がアスパラギン(N)からチロシン(Y)に変化したことを示す。L452R, E484K及びP681Rについてどの様な変異がウイルスゲノム上で起こったのかを表2を参考にして解答用紙の例に習って答えなさい。なお、塩基配列の変異は最小限に留めること。

mRNAの遺伝暗号表

		2番目の塩基					
		U	C	A	G		
1番目の塩基	U	UUU UUC UUA UUG	UCU UCC UCA UCG	UAU UAC UAA UAG	UGU UGC UGA UGG	Sフェニルアラニン(F) セリン(S) チロシン(Y) システィン(C) 終止コドン トリプトファン(W)	U C A G
	C	CUU CUC CUA CUG	CCU CCC CCA CCG	CAU CAC CAA CAG	CGU CGC CGA CGG	ロイシン(L) プロリン(P) ヒスチジン(H) アルギニン(R)	U C A G
	A	AUU AUC AUA AUG	ACU ACC ACA ACG	AAU AAC AAA AAG	AGU AGC AGA AGG	イソロイシン(I) トレオニン(T) アスパラギン(N) リシン(K) セリン(S)	U C A G
	G	GUU GUC GUA GUG	GCU GCC GCA GCG	GAU GAC GAA GAG	GGU GGC GGA GGG	バリン(V) アラニン(A) アスパラギン酸(D) グリシン(G)	U C A G
						グルタミン酸(E)	3番目の塩基

表2 mRNAの遺伝暗号表 アミノ酸の名称とカッコ内に略号を示す

問5 下線部(d)に関して、免疫に関わる樹状細胞はどの様にして外来の mRNA を異物として認識しているのか答えなさい。また、このしくみがヒトの生存に有利な理由も答えなさい。

問6 下線部(e)に関して、

(i) カリコとワイスマンはどの RNA に着目して免疫応答の少ない mRNA ワクチンの作成法を考えたのか、また、その理由も含めて答えなさい。

(ii) 新しいタイプの mRNA ワクチンは従来型ワクチンと比較してどの様な点で優れているのか答えなさい。

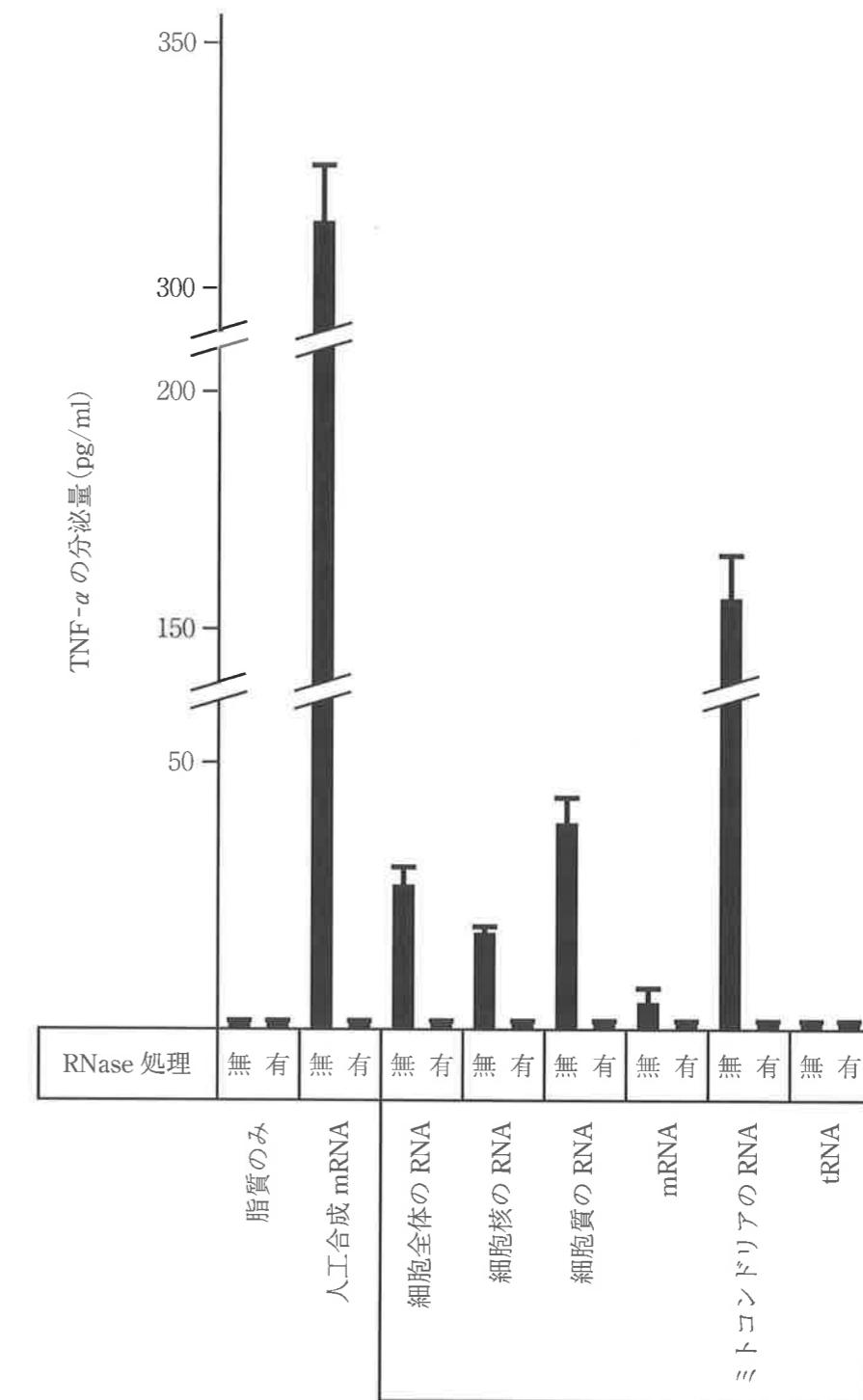


図1 培養した樹状細胞に種々の RNA を脂質につつんで導入し、培養液中に分泌された TNF- α の量を測定したものである。RNase は RNA 分解酵素を示す。使用している RNA は非常に純度が高いものとする。出典 Immunity, Vol. 23, p165-175, 2005より一部改変

3 次の文章を読み、下の各問いに答えなさい。

地球上にはヒトを含む哺乳類が6千種ほど生息しているが、このうち約20%を翼手目である(a)コウモリが占めている。大別するとコウモリには、視覚と嗅覚を駆使して餌となる果実を探す大型のオオコウモリと、(b)超音波を発して自分と周囲のものとの位置関係を把握する反響定位によって、飛行中に障害物を避けながら、獲物である昆虫を捕食する小型のココウモリがいる。オオコウモリとココウモリには翼を持つという共通点があるが、脳と視神経の接続の仕方が全く異なるなど多くの違いがあるため、「別々の祖先から進化し、独立に飛行能力を獲得したのではないか」という説もあった。しかし、最近の(c)ミトコンドリアDNA配列の解析により、オオコウモリとコウモリは系統的にも近縁であることが明らかになった。また、原始的なコウモリの化石の解析から、前肢は翼となって飛行が可能であったことや、耳の構造は反響定位に対応していなかったことが判明しており、コウモリはまず飛行能力を得た後に、一部の種が反響定位の能力を獲得したと考えられている。

コウモリというと、新型コロナウイルスの感染源の1つである可能性だけでなく、狂犬病ウイルスやエボラウイルスといった人獣共通感染症の感染源であると指摘されている。しかし不思議なことに、様々な動物に重篤な症状を及ぼすこれらのウイルスに感染しても、コウモリには重篤な症状がほとんど起きていない。この理由は未解明だが、今後(d)コウモリの生態・ゲノム・生理・進化に関する基礎研究が進むことで、コウモリは如何にして様々なウイルスと共存しているのか、どのコウモリがどのようなウイルスを保持しているのか、どのようにすれば人間への感染を防ぐことができるのかなど、様々な問題の解決への糸口が見つかることが期待される。

問1 下線部(a)に関して、以下の問い合わせに答えなさい。

- (i) 中生代に出現し、新生代より繁栄するようになった哺乳類の持つ特徴を3つ簡潔に述べなさい。
- (ii) 現生哺乳類全種の約半数を占め、現在最も繁栄している哺乳類を以下の5つの中から1つ選びなさい。
(食肉目、偶蹄目、げっ歯目、長鼻目、靈長目)

問2 下線部(b)に関して、以下の問い合わせに答えなさい。

- (i) 図1に示すように、ココ

ウモリは捕食の際に特定の周波数のパターンを持つ鳴き声を発し、その反響音との時間差(①)および周波数の変化(②)を検出している。①と②からココウモリはどのような情報を得ているのか、それについて簡潔に述べなさい。また、図1のような反響音がする場合、標的はどのような行動をとっていると考えられるか、簡潔に述べなさい。

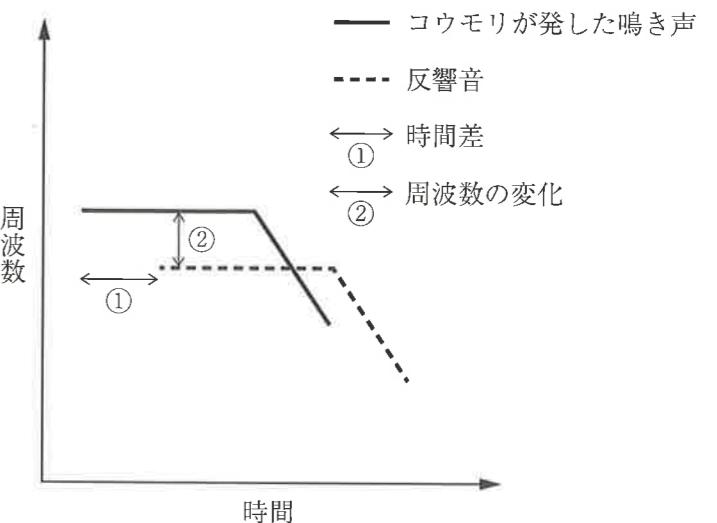


図1 コウモリが発した1回の鳴き声とその反響音の関係

- (ii) ココウモリの反響定位は、物体の表面が凸凹していて、自分が発した超音波が色々な方向に反響する場合に正しく機能する。しかし表面が滑らかな物体では、鏡に対する光の反射と同様に、入射角が垂直以外では超音波は別方向に反射してしまい、コウモリの元へ反響して戻って来なくなる。ドイツのグループが2010年に行った実験であるが、表面が滑らかな金属板を水平に寝せる、あるいは、垂直に立てて設置した場合、飛翔するココウモリがこの金属板に対してどのような行動を示したかをそれぞれ予想して、簡潔に述べなさい。ちなみに、表面が滑らかな水平面は湖面などとして自然界に存在するが、垂直面は人工建造物などにしか見られず自然界に存在しない。

- (iii) コウモリと同様にクジラやイルカの仲間にも、水中で超音波を使って反響定位を行う種が存在する。これは收れん(収束)進化だと考えられるが、反響定位が両者に共通のどのような環境に適応するものであると考えられるか説明しなさい。

(iv) 反響定位を行うコウモリを天敵とする昆虫の中には、超音波を検知し回避行動をとるよう適応した種も存在する。超音波を受容できるガは、コウモリがまだ遠くにいる場合には方向転換してコウモリから遠ざかり、コウモリが近くにいる場合には、急旋回や急下降、自然落下により進行方向を予測不能にして、捕食される

のを回避する。図2のように、ガの耳は胸部の両側面にあるため、体や翅の影になると音が小さくなる。例えば図3 Aのように、音源までの距離に影響を受ける場合、接近してコウモリの声(音)が大きくなるほどガの聴神経は高頻度で応答する。また図3 Bのように、音源が自分の左右どちらにあるかを見定める場合、左右の耳で聴く音の強弱の違いで、音源側(右)の聴神経は強く、反対側(左)の聴神経は弱く応答する。それでは、音源が自分の上(図3 C)あるいは自分より下(図3 D)にある場合、ガの羽ばたきによって音の大小はどう変化し、聴神経の応答がどうなるかを推測し、解答欄の図中に記入しなさい。

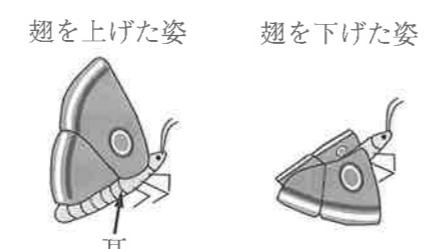


図2 ガの耳の位置と翅を上下した姿

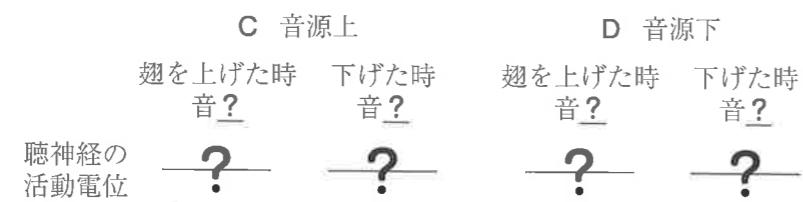
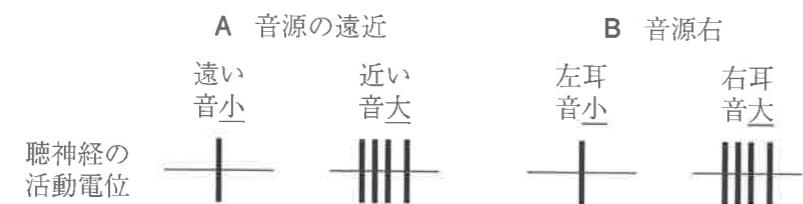


図3 音源となるコウモリの位置によるガの聴神経の応答の変化

問3 下線部(c)に関して、以下の問い合わせに答えなさい。

ミトコンドリアDNAは、生物の進化の研究に有用な特徴を3つ備えている。1つ目は、1個の細胞にミトコンドリアが数百個含まれるため、ミトコンドリアDNAを大量に調製することが可能であること。2つ目は、ミトコンドリアDNAは核DNAに比べて塩基置換の起こる速度が5～10倍と速いため、比較的短い進化的時間の中で生じたDNAの変異を効率良く測定できること。では、3つ目はどのような特徴か、その理由とともに簡潔に述べなさい。ちなみに、生物進化に関するDNAの系統解析では、ミトコンドリアDNAと核内のY染色体DNAの解析が相補的に行われていることを参考に考えなさい。

問4 下線部(d)に関して、以下の問い合わせに答えなさい。

仲間うちでウイルス感染が広がりやすい原因として、ヒトとコウモリに共通の生態がみられる。考えられることを3つ簡潔に述べなさい。

物理基礎・物理

(医学部)

受 験 番 号						
------------------	--	--	--	--	--	--

注意事項

- 解答にかかる前に必ず受験番号（二箇所）を記入すること。
- 解答は、それぞれの問題に対応する欄の中に記せ。
- この解答用紙は一切持ち帰ってはいけない。

問
1

1

$$-V =$$

問
2

(ア)

答えを導く過程

1

問
3

見本

受 験 番 号						
------------------	--	--	--	--	--	--

問
4

1

答えを導く過程

番号

問
5

採 点	1	2	合 計 点

物理基礎・物理

(医学部)



問
1

問
2

問
3

2

<p>(ア) 理由</p>
<p>(イ) 理由</p>
<p>問 4</p>
<p>(ウ) 理由</p>

物理基礎・物理

(医学部)

問 2 $W_{\text{A} \rightarrow \text{B}} =$, $W_{\text{C} \rightarrow \text{D}} =$	問 3 $Q =$	問 4 $e =$	問 5 <input type="text"/>	問 6 $W_{\text{A} \rightarrow \text{B}} =$, $W_{\text{C} \rightarrow \text{D}} =$	問 7 $Q =$	問 8 $e =$
(エ) <input type="text"/> 理由	(オ) <input type="text"/> 理由					

化学基礎・化学

〈前期日程〉 (医学部 医学科)

受験番号						
------	--	--	--	--	--	--

注意事項

- 1 すべてのページに受験番号を記入すること
- 2 必要な場合は、解答に単位を付けること

見本

I

問	A ア カ	B イ キ	C ウ ク	D エ ケ	E オ コ
(選択肢)					

問
3問
4問
5

I	II	III	合計
---	----	-----	----

化学基礎・化学

〈前期日程〉 (医学部 医学科)

受験番号								
------	--	--	--	--	--	--	--	--

II

分子式		—空欄—			
(a)		(b)		(c)	
(e)		(f)		(g)	
(i)		(j)		(k)	
(m)		(n)			

採点	I	II	III
----	---	----	-----

化学基礎・化学

〈前期日程〉 (医学部 医学科)

受験番号							
------	--	--	--	--	--	--	--

III

問 1	ア オ ケ	イ カ コ	ウ キ サ	エ ク サ	—空欄—		
--------	-------------	-------------	-------------	-------------	------	--	--

問
2

問 3	(1) (5)	(2) (6)	(3) (7)	(4)	—空欄—		
--------	------------	------------	------------	-----	------	--	--

問
4

	油脂A	油脂B	油脂C
--	-----	-----	-----

問
5

	油脂A	油脂B	油脂C
組み合わせ1			
組み合わせ2			
組み合わせ3			
組み合わせ4			

採点

I	II	III
---	----	-----

受験番号

令和4年度入学者選抜学力検査問題紙
解答用

生物基礎・生物

〈前期日程〉 (医学部 医学科)

1 問 1

見本

(i) (交感神経)	(副交感神経)
(ii)	

(i) (ホルモンの名称)
(ii)
(iii)

原尿ろ過量 :	ml/分
尿中イヌリン濃度 :	mg/ml

問 4

(有害な物質の名称)	(尿素をつくる器官の名称)
------------	---------------

問 5

体液の塩分濃度の調節

環境水の取り込み	えらでの塩分の出入り	腎臓での水の再吸收
海水魚	飲む・飲まない	吸收・排出
淡水魚	飲む・飲まない	吸收・排出

採点	1	2	3	合計点
----	---	---	---	-----

受験番号

令和4年度入学者選抜学力検査問題紙
答用

生物基礎・生物

〈前期日程〉 (医学部 医学科)

2

問1

ア	イ	ウ
工	才	力

問2

（記述問題）

問3

（記述問題）

問4

N501Y	L452R	E484K	P681R
(例)			
AAU → UAU			
または			
AAC → UAC			

問5

(記述問題)

(理由)

問6

(着目した RNA)

(i) (理由)

(ii)

受験番号

令和4年度入学者選抜学力検査問題紙
答用

生物基礎・生物

〈前期日程〉 (医学部 医学科)

問 1

(i)

問 2

(ii)

問 2

①

標的の行動

水平な金属板

(iii)

C 音源上

D 音源下

翅を上げた時 音 _____ 下げた時 音 _____

翅を上げた時 音 _____ 下げた時 音 _____

聽神経の
活動電位

音 _____ 音 _____

問 3

特徴

理由

問 4
