令和４年度　推薦入学試験問題

小論文（１）

（１２０分）

医学群

医学類

「試験開始」の合図があるまで、この表紙を開けないこと。

以下の注意事項をよく読みなさい。

１．「試験開始」の合図があったら、問題用紙、解答用紙、下書き用紙の枚数を確かめなさい。

問題用紙	１４枚（１～１４ページ）
解答用紙	５枚
下書き用紙	２枚

２．氏名と受験番号は配られたすべての解答用紙に記入しなさい。

３．解答は所定の解答用紙の解答欄に記入しなさい。
（下書きは採点の対象とならない）

４．解答用紙、下書き用紙はホッチキスをはずすこと。
ただし、問題用紙はホッチキスをはずさないこと。

５．問題用紙、下書き用紙、解答用紙の表紙はすべて持ち帰ること。

課　題　I

問題 1

次の文章を読み、問 1 から問 6 に答えなさい。

(*Sports Health,* May 2013 より引用、一部改変)

問 1　Select a word from the following list with the same meaning as underlined arena (page 1):

(a) stadium　(b) field　(c) gym　(d) gallery

問 2　For each of blanks (**a**) to (**h**), choose the correct word from the list below. (Capitalize the first letter of the word as necessary.)

what　when　where　which

問 3　Fill in each of blanks (**1**) to (**4**) with the most appropriate expression from the following:

(a) all the way to　(b) far between　(c) in between　(d) to the top of

問 4　Select the most appropriate word from the passage to fill in blank (ア).

問 5　Rephrase underlined it (page 4) in 2 words from the passage.

問 6　Rearrange the following words into the correct order to complete blank (**A**):

a　bet　childhood　feel　few　I　like　lost　more　than　that　their　there's　they　who

問題 2

次の文章を読み、問 1 から問 4 に答えなさい。

(*Nature Reviews Immunology*, November 2020 より引用、一部改変)

問 1　Fill in each of blanks (**A**) to (**G**) with the most appropriate topic sentence from the following list:

(i) Negative public perception of vaccination is not a modern-day phenomenon.
(ii) An effective vaccine against Lyme disease was licensed by the Food and Drug Administration (FDA) in 1998 but withdrawn from the market in 2002 after it was wrongly claimed to cause autoimmune side effects.
(iii) Unsubstantiated health scares have affected other vaccines too.
(iv) Still, by this point the damage had been done.
(v) It is important to acknowledge the valid safety concerns that surround some vaccines.
(vi) In early February 2010, *The Lancet* medical journal retracted a case study it had published 12 years earlier.
(vii) In the midst of a global pandemic, the issue of public confidence in vaccination is more urgent than ever.

問 2　Rephrase underlined <u>unfounded</u> (page 8) with 3 words from the passage.

問 3　Fill in blank (**a**) with the most appropriate 2-word noun phrase.

問 4　For each of the following statements, circle 'T' if it is true, 'F' if it is false:

(a) In 2010, *The Lancet* ran a feature about MMR being a cause of autism.
(b) Andrew Wakefield was disqualified from practicing medicine in the UK.
(c) Vaccination rates surged because of Wakefield's study.
(d) Public trust in the MMR vaccine recovered, and measles has been eliminated in the UK.
(e) Thanks to Andrew Wakefield, more children are getting vaccinated.

(f) A vaccine against Lyme disease licensed by the FDA caused autoimmune side effects.

(g) HPV vaccines are not safe because adverse reactions are caused by the vaccination itself.

(h) The polio vaccine was avoided in Nigeria because of religious beliefs.

課　題　Ⅱ

次の問題 1 から問題３に答えなさい。解答は考えた過程がわかるように丁寧に記しなさい。

問題１

次の問に答えなさい。

問1　平面上におけるベクトル $\overrightarrow{a} = (-7, 1)$, $\overrightarrow{b} = (4, 3)$ について，以下の小問に答えなさい。

（小問１）

ベクトル $\overrightarrow{a}$ および $\overrightarrow{b}$ をベクトル $\overrightarrow{x} = (-1, 2)$, $\overrightarrow{y} = (-2, 1)$ を用いて表わしなさい。

（小問２）

ベクトル $\overrightarrow{a}$, $\overrightarrow{b}$ のなす角 θ を求めなさい。ただし，$0° \leq \theta \leq 180°$ とする。

問2　次の両条件をみたす球面Ｓの方程式を求めなさい。

- 球面Ｓの中心 C は原点 O と点 D $(1, -1, 4)$ を通る直線上にあり，中心Ｃは原点 O に一致しない。
- ベクトル $\overrightarrow{\mathrm{OD}}$ に垂直な直線は球面Ｓの中心 C および球面Ｓ上の点 $\mathrm{P}(5, -7, 6)$ を通る。

問題２

次の問に答えなさい。ただし，小数点第３位まで求めること。

問1　５人の患者の検査Ｘと検査Ｙの計測結果は次の表の通りであった。

	検査Ｘ	検査Ｙ
患者１	4.6	89
患者２	5.5	91
患者３	6.8	138
患者４	7.9	180
患者５	10.2	202

患者 i $(i = 1, \ldots, 5)$ の検査 X の検査値を x_i，患者 i の検査 Y の検査値を y_i とする。上記の計測結果に基づき，未知の患者 n の検査Ｙの検査値 y_n を検査値 x_n に基づき次の式①で推定する。

$$y_n = Ax_n + B,\ A = \frac{Cov(X,Y)}{{\sigma_X}^2},\ B = \mu_Y - A\mu_X,\ X = (x_1, \ldots, x_5),\ Y = (y_1, \ldots, y_5) \quad \cdots ①$$

ここで，それぞれ μ_X は x_i の平均，μ_Y は y_i の平均，σ_X は x_i の分散，$Cov(X,Y)$ は X と Y の共分散を表す。

このとき，以下の問いに答えなさい。

表の５人の患者の検査結果を全て利用して，未知の患者 n の検査値Ｙの値を検査値Ｘの値から推定する式①を作成しなさい。また，検査値Ｘの値が 7.0 の患者について予測される検査値Ｙの値を求めなさい。

問2　ある人が特定の疾患 D に罹患しているかどうかを検査 T に基づいて調べたい。ここで，人には個体差があり，真に疾患 D に罹患している人全員が検査 T で陽性になるとは限らない。同様に，検査の精度には限界があり，検査 T で陽性になった人全員が疾患 D に罹患しているとは限らない。

各単語の定義は以下の通りとする。

感度：真に疾患 D に罹患している人のうち検査 T で陽性になる人の割合

特異度：真に疾患 D に罹患していない人のうち検査 T で陰性になる人の割合

陰性的中率：検査 T で陰性になる人のうち真に疾患 D に罹患していない人の割合

このとき，以下の小問に答えなさい。

（小問１）

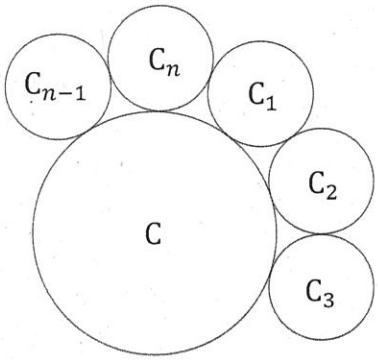
100 人に 1 人が疾患 D に罹患していることが知られており，検査 T の感度が 99%かつ陰性的中率が 99%であると仮定する。検査 T を受けて陽性だったとき，真に疾患 D に罹患している条件付き確率を求めなさい。

（小問２）

100 人に 1 人が疾患 D に罹患していることが知られており，検査 T の感度が 99%かつ特異度が 99%であると仮定する。検査 T を受けて陽性だったとき，真に疾患 D に罹患している条件付き確率を求めなさい。

問題３

図のように，半径 1 の円 C の周りに，互いに半径の等しい n 個の円 C_1，$C_2, \cdots$，C_n が外接し，さらに，円 C_1 と C_2，円 C_2 と C_3，$\cdots$，円 C_{n-1} と C_n，円 C_n と C_1 が互いに外接して，ちょうど 1 周して円 C を囲む。互いに半径の等しい n 個の円 C_1，$C_2, \cdots$，C_nの半径を r_n とするとき，次の問に答えなさい。



問1　r_n を n と π を用いて表しなさい。

問2　次を証明しなさい。

$$\lim_{n\to\infty} n \cdot r_n = \pi$$

問3　次の極限値を求めなさい。

$$\lim_{n\to\infty} n(\pi - n \cdot r_n)$$

必要ならば次を用いてもよい。 $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ のとき，$\theta - \frac{1}{6}\theta^3 < \sin\theta < \theta$ 。

令和４年度　推薦入学試験問題

小論文（２）

（１２０分）

医学群

医学類

「試験開始」の合図があるまで、この表紙を開けないこと。

以下の注意事項をよく読みなさい。

１．「試験開始」の合図があったら、問題用紙、解答用紙、下書き用紙の枚数を確かめなさい。

問題用紙	１６枚（１～１６ページ）
解答用紙	７枚
下書き用紙	２枚

２．３つの課題から２つの課題を選択して解答しなさい。

３．３つの課題すべてに解答した場合は、すべての解答が無効になります。

４．氏名と受験番号は配られたすべての解答用紙に記入しなさい。

５．選択しない課題の解答用紙には大きく×印をつけなさい。

６．解答は所定の解答用紙の解答欄に記入しなさい。
（下書きは採点の対象とならない）

７．解答用紙、下書き用紙はホッチキスをはずすこと。
ただし、問題用紙はホッチキスをはずさないこと。

８．問題用紙、下書き用紙、解答用紙の表紙はすべて持ち帰ること。

課　題　Ⅰ

次の問題１から問題３に答えなさい。

問題１

次の文章を読み、問１から問７に答えなさい。

遷移元素は、周期表（　ア　）～（　イ　）族に属する元素であり、すべて金属元素であり一般にイオン化傾向が小さく、化学的に安定である。複数の酸化数をとるものが多く、有色のイオン、化合物が多い。また、鉄、銀、銅などは①錯イオンをつくる。
鉄は、濃硝酸には（　ウ　）を形成して溶けないが、希塩酸に溶けて淡緑色の水溶液になる。この水溶液に塩素を反応させると②（　エ　）色の水溶液になる。
銀は、濃硝酸に溶けて（　オ　）を発生する。③この溶液に希塩酸を加えると白色の沈殿が生じる。
銅は、塩酸や④希硫酸には反応しないが、⑤熱濃硫酸、濃硝酸、希硝酸に気体を発生して溶ける。
マンガンの単体は、（　カ　）色の固体であり、硬くてもろい。代表的な化合物として⑥酸化剤である過マンガン酸カリウムがあり、酸化還元滴定に使用される。

問１（　ア　）から（　カ　）に当てはまる数字または、語句を書きなさい。

問２　下線部①について、以下の反応で生じる錯イオンの化学式を示し、その構造を選択肢からそれぞれ選びなさい。

(1) 過剰なアンモニア水を水酸化銅(Ⅱ)に加える。
(2) チオ硫酸ナトリウム水溶液を塩化銀に加える。

（構造の選択肢）
直線形、正四面体形、正方形、正八面体形

問 3　下線部②の水溶液に含まれる陽イオンの性質について、正しいものを全て選びなさい。

(a) 水酸化ナトリウム水溶液を加えると赤褐色沈殿を生じる。
(b) チオシアン酸カリウム水溶液を加えると血赤色溶液になる。
(c) ヘキサシアニド鉄(Ⅱ)酸カリウム水溶液を加えると青白色沈殿を生じる。
(d) ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム水溶液を加えると濃青色沈殿を生じる。

問 4　下線部③を化学反応式で示しなさい。

問 5　下線部④について、濃硫酸から希硫酸の作り方を 20 文字程度、および、その理由を 80 文字程度で示しなさい。

問 6　下線部⑤で発生する気体の性質で最も適当なものを、選択肢(a)～(e)中からそれぞれひとつ選びなさい。

(1) 銅と熱濃硫酸
(2) 銅と濃硝酸
(3) 銅と希硝酸

(選択肢)
(a) 水によく溶ける刺激臭で無色の気体。
(b) 水によく溶ける赤褐色の有毒な気体。
(c) 水に溶ける刺激臭で黄緑色の気体。
(d) 水にあまり溶けない淡青色の特異臭の気体。
(e) 水に溶けにくい無色の気体。

問 7　下線部⑥の酸化還元滴定をするとき、過マンガン酸カリウムの酸化力を強めるために濃度を調べたい水溶液に希硫酸を加え酸性にする。酸性にするのに硝酸や塩酸が使用されない理由を 60 文字程度で示しなさい。

問題 2

次の文章を読み、問 1 から問 4 に答えなさい。なお、気体定数を $R = 8.31 \times 10^3$ Pa·L/(K·mol) とする。

酸化還元反応において、相手の物質に（　ア　）を与える物質を（　イ　）、相手の物質から（　ア　）を奪う物質を（　ウ　）と呼ぶ。一方、ブレンステッド・ローリーの酸・塩基の定義では、（　エ　）を与える物質を（　オ　）、（　エ　）を受け取る物質を（　カ　）と呼ぶ。

例えば、①硫化水素と二酸化硫黄の酸化還元反応において H_2S は（　キ　）、SO_2 は（　ク　）として働く。また、硫化水素も二酸化硫黄も、電離度が 1 よりも著しく小さい弱酸である。②硫化水素は水に溶けると次のように 2 段階に電離する。

$$H_2S \rightleftharpoons H^+ + HS^- \quad \cdots\cdots (A)$$

$$HS^- \rightleftharpoons H^+ + S^{2-} \quad \cdots\cdots (B)$$

(A) と (B) をまとめると、次のように表すことができる。

$$H_2S \rightleftharpoons 2\,H^+ + S^{2-} \quad \cdots\cdots (C)$$

問 1　文中の（　ア　）から（　ク　）に当てはまる語句を答えなさい。なお、同じ語句が複数回出ることがある。

問 2　下線部①について、硫化水素および二酸化硫黄の酸化数を答え、さらに、酸化還元反応式を答えなさい。

問 3　下線部②について、文中の化学反応式 (A)、(B)、(C) の電離定数［mol/L］をそれぞれ K_1、K_2、K_3 とする。$K_2 = 1.0 \times 10^{-14}$ mol/L 、$K_3 = 1.0 \times 10^{-21}$ mol/L のとき、pH が 4.0 の硫化水素水溶液のモル濃度［mol/L］を有効数字 3 桁で答えなさい。ただし、第二電離は小さく無視できるものとする。

問4　容積一定の空の2つの容器A、Bがあり、これらの容積をそれぞれV_A、V_B［L］とする。これらの容器を温度 300 K に保ちつつ、容器Aに二酸化硫黄を、容器Bに硫化水素をそれぞれ封入した。このとき、容器Aの気体の圧力は 2.50×10^5 Pa、容器Bの気体の圧力は 3.60×10^5 Pa であった。また、V_AはV_Bの1.5倍であった。

3.00×10^{-1} mol/L のヨウ素溶液（ヨウ化カリウムを含む）50.0 mL に、容器A内の二酸化硫黄をゆっくりと通して完全に吸収させ、溶液 i とした。続いて、この溶液 i に容器B内の硫化水素をゆっくりと通して完全に吸収させ、溶液 ii とした。次に、この溶液 ii に残ったヨウ素を、デンプンを指示薬として 5.00×10^{-2} mol/L のチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定したところ、40.0 mL を要した。吸収させた二酸化硫黄の物質量［mol］とV_A［L］をそれぞれ有効数字3桁で答えなさい。

なお、上記の一連の操作において、二酸化硫黄は硫酸に、硫化水素は硫黄に酸化されるものとし、硫酸は硫化水素と反応しないものとする。また、ヨウ素はチオ硫酸ナトリウムと次のように反応するものとする。

$$I_2 + 2\,Na_2S_2O_3 \rightarrow 2\,NaI + Na_2S_4O_6$$

問題 3

次の文章を読み、問 1 から問 6 に答えなさい。原子量は H = 1.00、C = 12.0、O = 16.0 とする。

分子内に炭素原子間の（　ア　）結合が 1 個ある鎖式不飽和炭化水素をアルケンという。その分子式は一般式 C_nH_{2n} で表され、シクロアルカンとは（　イ　）異性体の関係にある。①分子式 C_4H_8 で表されるアルケンには（　ウ　）種類の異性体が存在する。そのうち 2 種類は、炭素原子間の（　ア　）結合を軸とした回転が起こらない（　エ　）異性体である。

炭素、水素、酸素のみからなる化合物 A、B、C、D、E は互いに（　イ　）異性体の関係にあり、金属ナトリウムと反応して水素を発生する。化合物 A 10.1 mg を完全燃焼させたところ、二酸化炭素 25.3 mg と水 12.3 mg が得られた。化合物 A、B、C、D、E それぞれに②二クロム酸カリウムの希硫酸水溶液を加えて穏やかに加熱したところ、化合物 C は酸化しなかったが、化合物 A、B、D、E からはそれぞれ酸化生成物が得られた。これらの酸化生成物のうち、化合物 A と B の酸化生成物は銀鏡反応を示し、化合物 D の酸化生成物のみヨードホルム反応を示した。また、化合物 A、B、C、D、E それぞれに濃硫酸を加えて加熱したところ、化合物 A からはアルケンが得られなかったが、化合物 B からはアルケン F が、化合物 C からはアルケン F と G が、化合物 D からはアルケン H とアルケン I、アルケン J が、化合物 E からはアルケン I とアルケン J が得られた。なお、アルケン I と J は互いに（　エ　）異性体の関係にあった。

問 1　（　ア　）から（　エ　）に当てはまる数字または語句を書きなさい。

問 2　下線部①の異性体のうち、枝分かれ構造のないものに塩化水素を付加させると、理論上で何種類の物質が得られるか答えなさい。また、得られる物質のうち不斉炭素原子をもつ構造式をすべて示しなさい。

問 3　化合物 A 10.1 mg 中に含まれる C、H、O はそれぞれ何 mg か、有効数字 3 桁で答えなさい。

問 4　化合物 A の組成式を答えなさい。

問５　化合物Ａ、Ｂ、Ｃ、Ｄ、Ｅの構造式をそれぞれ示しなさい。

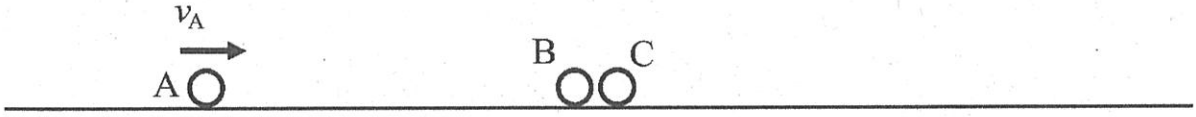
問６　下線部②について、二クロム酸カリウム１ mol で酸化できる化合物Ｅの物質量（mol）を答えなさい。ただし、酸化生成物への反応は完全に進行するものとする。

課　題　Ⅱ

次の問題１、問題２に答えなさい。

問題１

図のように無限長の摩擦のない水平な床がある。左側から一定の速さv_Aで進む質点Ａがあり、接しないように並べられ静止している質点Ｂと質点Ｃに向かって左から衝突する。すべての質点の質量はmであり、一直線上を動くものとする。速度は、全て右向きを正とする方向に定義する。下記の条件のもと一連の衝突が全て起こった後の、それぞれの質点の速度V_A, V_B, V_Cを示す式の中で空欄になっている（１）から（６）に適切な式を入れなさい。衝突は$V_A \leqq V_B \leqq V_C$の条件が満たされるまで起こり、一連の衝突終了後は更なる衝突は起こらないと考えなさい。



図

（条件１）は、一連の衝突がすべて完全弾性衝突の場合である。

（条件１）一連の衝突は完全弾性衝突		
$V_A = 0$	$V_B =$（１）	$V_C =$（２）

（条件２）は、一連の衝突がすべて完全非弾性衝突の場合である。複数の質点が接した複合体を作る場合、個々の質点の速度は、それぞれ元の速度記号で表すものとし、複合体は、合計の質量を持つ１つの質点と見なしなさい。

（条件２）一連の衝突は完全非弾性衝突		
$V_A = \frac{1}{3} v_A$	$V_B =$（３）	$V_C =$（４）

（条件３）は、一連の衝突のはねかえり係数をeとし、その値は$3 - 2\sqrt{2} < e < 1$の不等式を満たすものとする。

（条件３）一連の衝突のはねかえり係数はe $(3 - 2\sqrt{2} < e < 1)$		
$V_A = \frac{1-e}{2} \frac{3+e^2}{4} v_A$	$V_B =$（５）	$V_C =$（６）

問題 2

次の文章を読み、空欄①～⑩に適切な式を入れなさい。ただし、空欄①～④は【効果 1】、空欄⑤～⑩は【効果 2】の文および図中の物理量に関する記号以外使用しないこと。

1895 年、レントゲンによって発見された X 線は、今日の医療に欠かすことのできない世紀の発見であった。X 線は物質に入射した際、【効果 1】光電効果や、【効果 2】コンプトン効果を起こすことが知られている。

【効果 1】光電効果

光電効果は、図 1 の装置を用いて観察することができる。光電管内の陽極 P には電圧 V がかかっている。ここで、振動数 ν [Hz]の可視光を陰極 C に当てると、陰極 C から光電子が放出され、光電子は陽極 P に捕獲され光電流 I が流れた。このとき、電子の電気量の大きさを e [C]、プランク定数を h [J·s]とすると、陰極 C に当てた光子 1 個のエネルギーは [①] [J]である。ここで、可変抵抗により陽極 P の電圧 V を変化させたところ、光電流 I の強度は図 2 のように変化した。ただし、V_0 は陽極 P に負の電位がかかっている状態を示す。これより、陰極 C から放出された光電子の最大運動エネルギーは [②] [J]で、陰極 C の仕事関数は [③] [J]と表すことができる。電圧 V を上げていくと、電流が I_{max} [A]で変化しなくなった。このとき、陰極 C から放出された光電子の数は毎秒 [④] [個]である。

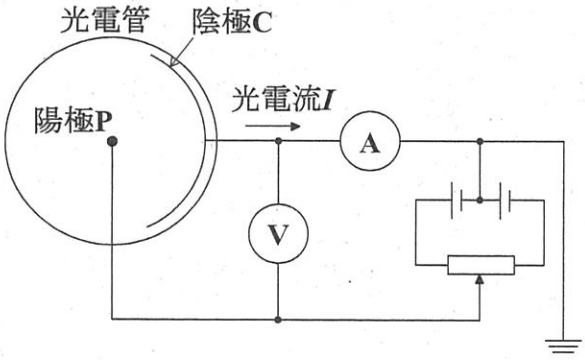


図 1

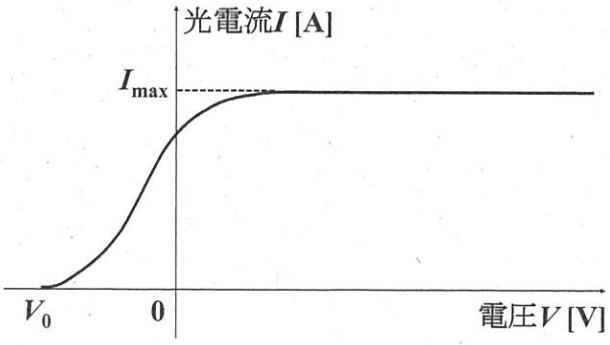


図 2

【効果 2】コンプトン効果

コンプトン効果の模式図を図 3 に示す。入射 X 線の波長を λ [m]、プランク定数を h [J·s]、光の速さを c [m·s^{-1}]とすると、入射 X 線の運動量は ⑤ [N·s]、エネルギーは ⑥ [J]と表すことができる。入射 X 線が静止している質量 m [kg]の電子に衝突すると、X 線の入射方向に対してθの角度に X 線が散乱された。これを散乱 X 線といい、波長は λ' [m]であった（ただし$\lambda' > \lambda$）。電子は X 線の入射方向に対してφの角度に速度 v [m·s^{-1}]ではね飛ばされたとする。このとき、x軸方向およびy軸方向について運動量保存の法則により関係式(i)、(ii)が成り立つ。

x軸方向：⑤ = ⑦ ・・・(i)

y軸方向： 0 = ⑧ ・・・(ii)

また、エネルギー保存の法則より、関係式(iii)が成り立つ。

⑥ = ⑨ ・・・(iii)

以上の関係式(i)～(iii)を連立させてφとvを消去すれば、散乱角θと散乱波長λ'の関係は以下の関係式で表すことができる。ただし、散乱 X 線と入射 X 線の波長の差$\lambda' - \lambda$がλに比べて十分に小さいので、$\frac{\lambda'}{\lambda} + \frac{\lambda}{\lambda'} \fallingdotseq 2$と近似できる。

λ' = ⑩

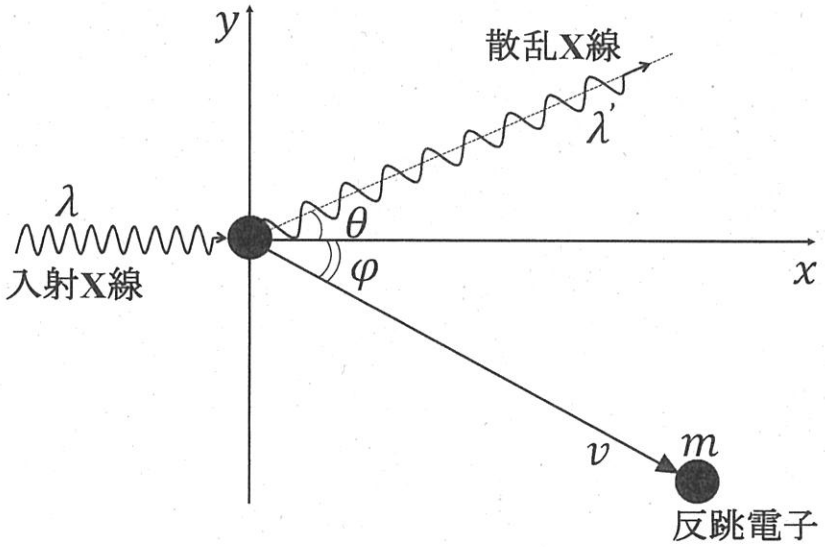


図 3

課　題　Ⅲ

次の問題１から問題３に答えなさい。

問題１

次の文章を読み、問１から問４に答えなさい。

解糖系では１分子のグルコースから２分子の（　ア　）が生成される。この過程で、（　①　）分子のATPが消費され、（　②　）分子のATPが合成されるため、合計で（　③　）分子のATPが生成される。（　ア　）はアセチルCoAに変換された後、クエン酸回路によって様々な有機酸に変換される（図）。(A)呼吸において、ATPは解糖系とクエン酸回路に加えて、電子伝達系によって大量に合成される。

アミノ基転移酵素は、有機酸にグルタミン酸のアミノ基を転移させることで、アミノ酸を合成する反応を触媒する。例えば、側鎖がCH_3-であるアラニンは（　ア　）から、側鎖がHOOC-CH_2-であるアスパラギン酸は（　イ　）から合成される。このとき、側鎖がHOOC-CH_2-CH_2-であるグルタミン酸は（　ウ　）に変換される。逆に、アミノ基転移酵素はアミノ酸を有機酸に変換する反応も触媒する。

ヒトでは血液を介してグルコースとアラニンが循環し、グルコース-アラニン回路と呼ばれる代謝回路が形成されている。(B)空腹時にはアラニンが筋肉から血液を介して輸送され、特定の臓器に多く分布するアラニンアミノ基転移酵素によって（　ア　）に分解される。その後、糖新生によって（　ア　）からグルコースが合成され、再び血液を介して他の臓器にグルコースが供給される。アラニンアミノ基転移酵素は細胞が破壊されると血中に逸脱することから、その酵素活性は血液検査で重要な指標として用いられている。

問1　（　ア　）～（　ウ　）に当てはまる化合物の名称を答えなさい。

問2　（　①　）～（　③　）に当てはまる数字を答えなさい。

問3　下線部(A)について、電子伝達系で行われるATP合成と解糖系やクエン酸回路で行われるATP合成との違いを100字程度で説明しなさい。

問4　下線部(B)について、アラニンアミノ基転移酵素が多く分布するのはどの臓器か、答えなさい。

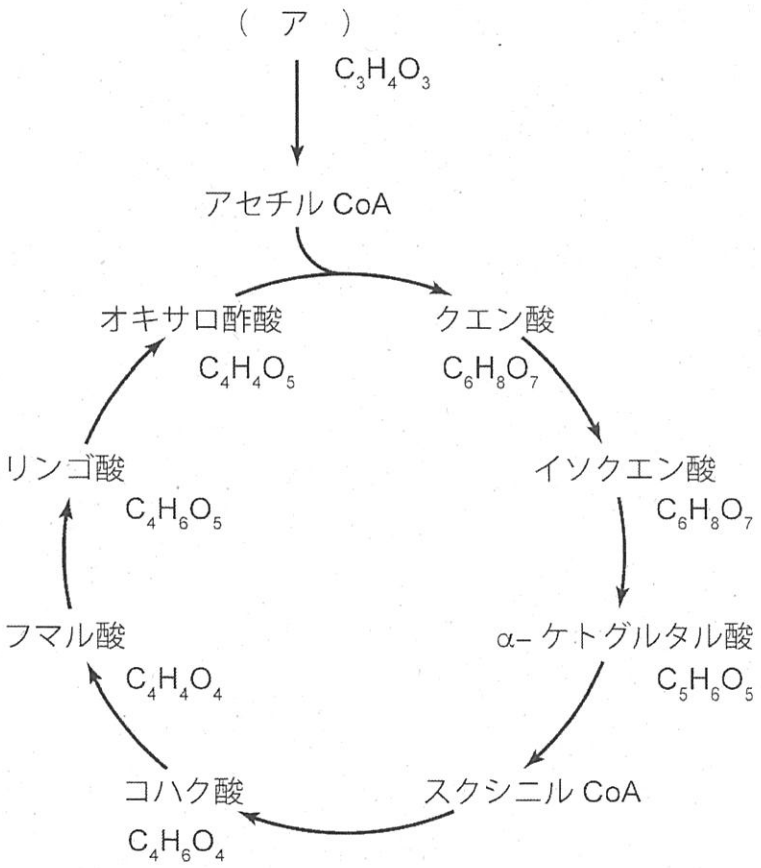


図　クエン酸回路と有機酸の組成式

問題２

次の文章を読み、問１から問３に答えなさい。

行動遺伝学者であるシーモア・ベンザーは遺伝子が生物の行動を規定することを示したことで有名である。1971 年にベンザーは、指導学生のロナルド・コノプカとともに概日リズムを変化させるキイロショウジョウバエの変異体を報告した。ショウジョウバエに薬剤を投与すると生殖細胞を含む細胞のゲノムにランダムな変異を導入することができる。それから得られた F1 個体に対して概日リズムを指標とした変異体スクリーニングを行った。ショウジョウバエは常に暗い（恒暗）条件において、概日時計周期に応じた行動リズムを示す。図１は、F1 世代の個体の恒暗条件における活動リズムを示したアクトグラムである。ベンザーらはこのようなリズム異常を示す変異系統を樹立し、この形質が次世代にも受け継がれることを示した。

変異体の表現型をもたらす責任遺伝子を同定することで、遺伝子の機能や分子メカニズムの解明が進む。このような手法は順遺伝学と呼ばれ、遺伝子欠損個体を作成してその表現型を解析する逆遺伝学とは対となる。今日のようにゲノム塩基配列を容易に解析できなかった時代においては、責任遺伝子の同定に(A)ゲノム上の位置がわかっている遺伝子の変異体と交雑する手法が使用される。特にショウジョウバエでは白眼（*white*: *w*）や縮れた剛毛（*forked*: *f*）、黒体色（*black*: *b*）などの可視マーカーが使用できることが大きな強みである。ベンザーらによって同定された概日リズム異常の責任領域は、表現型にちなんで *period*（*per*）と名付けられた（図2）。のちにマイケル・ロスバッシュとジェフェリー・ホールが *per* 遺伝子の単離に成功し、*per* の機能解明に貢献したマイケル・ヤングとともに 2017 年にノーベル生理学・医学賞を受賞している。

問1　以下の記述は、概日リズム解析の他に変異体スクリーニングのためにベンザーが行った行動解析の例である。それぞれの行動を表す語句として最も適切なものを下の選択肢からひとつ選びなさい。

(1) 飼育チューブに光を当て、ショウジョウバエが光に集まるか解析する。

(2) 嗜好性に違いのない 2 種類の匂い刺激をショウジョウバエに提示する。その際、片方の匂い刺激は電気ショックとともに与える。複数回の刺激提示のあと、2 つの匂いに対する嗜好性の変化を解析する。

選択肢：慣れ、条件付け、知能行動、本能行動、刷り込み、走性

問2　*per* 変異体についての以下の小問(1)、(2)に答えなさい。

(1) 図1の変異体XとYの概日時計の周期をそれぞれ求めなさい。ただし、答えは小数点第二位まで求めることとする。図の縦軸は単位時間あたりのショウジョウバエの活動量である。

(2) F1変異体X(雄)と野生型個体(雌)を交配させてできた個体の行動リズムを調べたところ、すべてのF2個体(雌)はリズム周期に関して父と母の中間形質を示した。考えられることとして正しいものをすべて選びなさい。

a) 変異Xの遺伝形式は不完全優性である。

b) 変異Xの遺伝形式は劣性である。

c) 変異Xは伴性遺伝する。

d) 変異Xのホモ接合体は致死である。

e) F2個体(雄)はすべてF1変異体X(雄)と同じ表現型を示す。

f) F2個体(雄)はすべて野生型個体(雄)と同じ表現型を示す。

g) F2個体(雄)はすべてF2個体(雌)と同じ表現型を示す。

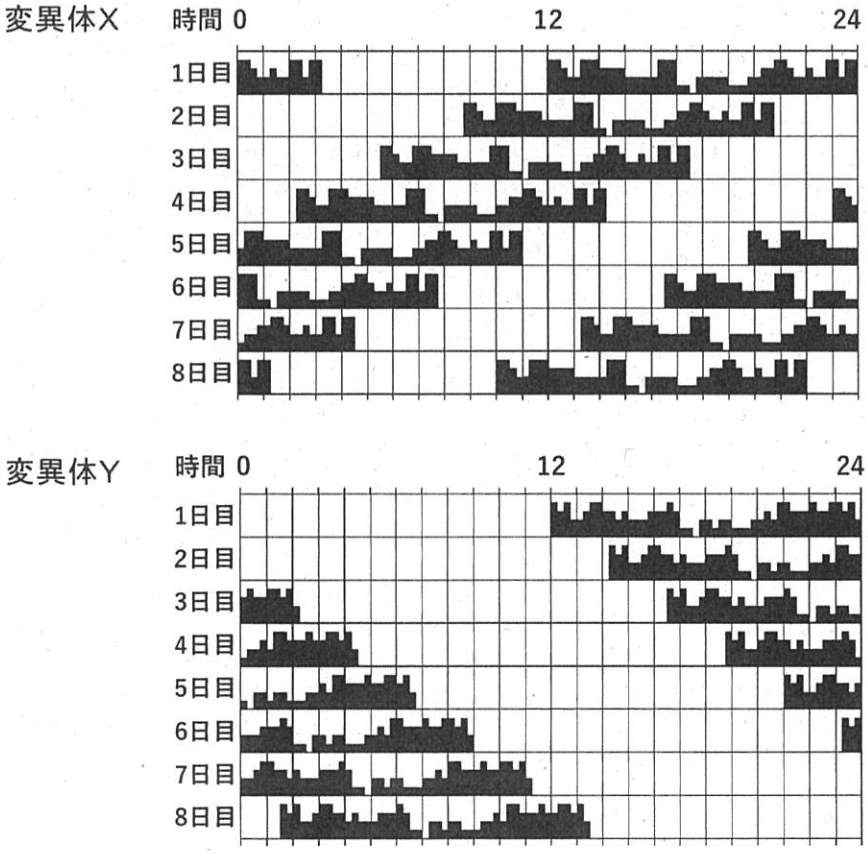


図1 ショウジョウバエのアクトグラム

問3　変異の同定についての以下の小問(1)、(2)に答えなさい。

(1) 下線部(A)について、このような方法で変異のおおよその位置が同定できるのはなぜか、図2の遺伝子を使用して200字程度で説明しなさい。

(2) マウスを用いた場合には可視マーカー遺伝子の変異体の代わりに、系統の異なる近交系マウスと交配する手法が用いられる。系統の違いによるゲノム塩基配列の違いを利用するためである。特に、2系統間で1塩基の置換が起こった部分を何と呼ぶか。

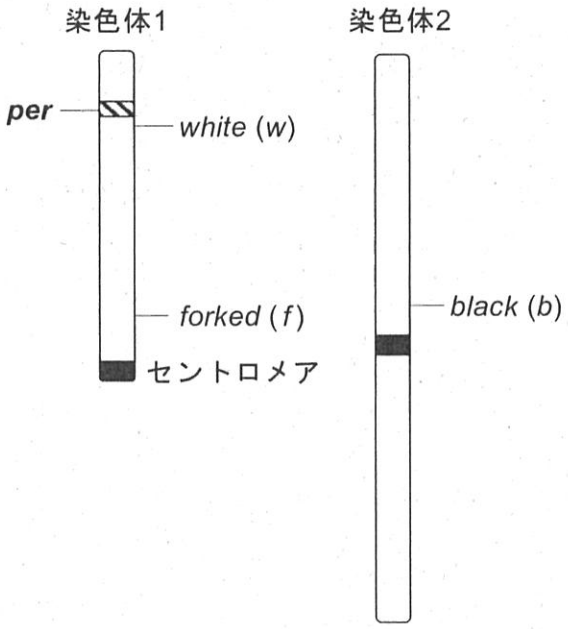


図2 ショウジョウバエの染色体の模式図

問題３

次の文章を読み、問１から問６に答えなさい。

種の分化は、集団内の（　ア　）が変化することによって徐々に進んでいく。（　ア　）は、(A)特定の条件を満たした集団では世代を経ても変化しないことが理論的に明らかにされているが、自然界ではそのような集団は存在しない。環境が個体の生存率に差をもたらすことを自然選択といい、その要因を（　イ　）と呼ぶ。自然選択の結果、集団が環境に適した生態や形態を有することを（　ウ　）という。(B)異なる進化的系統においても、同じような環境で生活する種は同様の（　イ　）を経験することによって、類似した形質を獲得する。

個体が自ら残す子孫の数だけではなく、遺伝子を共有する血縁者の繁殖成功に与える影響も考慮すべきだとする理論を血縁淘汰という。血縁淘汰の概念は、利他行動を基盤とした真社会性コロニーを形成するアリやハチでよく説明される。これらのオスは（　エ　）によって誕生するため、染色体を１セットしかもっていない。一方で、メスは２セットの染色体をもっており、これを（　オ　）と呼ぶ。

問１　（　ア　）～（　オ　）に当てはまる適切な語句を答えなさい。

問２　下記の記述のうち正しいものをすべて選びなさい。

a)　化学進化によって地球上に大気が誕生した。
b)　ABO 式血液型の違いは突然変異の一例である。
c)　カッコウなどの托卵は共進化の結果である。
d)　分子時計という概念は木村資生が提唱した。
e)　地理的隔離は種分化と同義である。

問３　下線部(A)は何という法則か答えなさい。また、この法則が成立するために必要な条件として正しいものを下記からすべて選びなさい。

a)　他の個体群との間で個体の流出・流入がない。
b)　集団内のオスとメスの比率が等しい。
c)　突然変異が一定の頻度でしか起こらない。
d)　個体によって生存力や繁殖力に差がない。
e)　個体群内の個体数が十分に大きい。

問 4　下線部(B)は何と呼ばれる現象か答えなさい。

問 5　血縁淘汰についての以下の小問(1)、(2)に答えなさい。

(1)　ハチの姉妹同士の平均血縁度は何パーセントか計算しなさい。

(2)　血縁度と利他行動との関係を(1)の結果をふまえて 80 字程度で考察しなさい。

問 6　真社会性コロニーを形成するハチの巣穴の防衛について調べるために、防衛係とは別に飼育した血縁度が分かっているハチを巣の入り口付近に放した。図はそのハチが巣に侵入した通過率と、防衛係との平均血縁度を示している。このグラフから結論できることとして適切なものを下記からすべて選びなさい。

a)　平均血縁度が高い侵入者ほど動きが鈍い。

b)　それぞれの個体は血縁度を認識できる。

c)　防衛係同士の血縁度は常に一定である。

d)　平均血縁度が高いときに、侵入者が通過できる率が高い。

e)　防衛係が多いほど侵入は難しい。

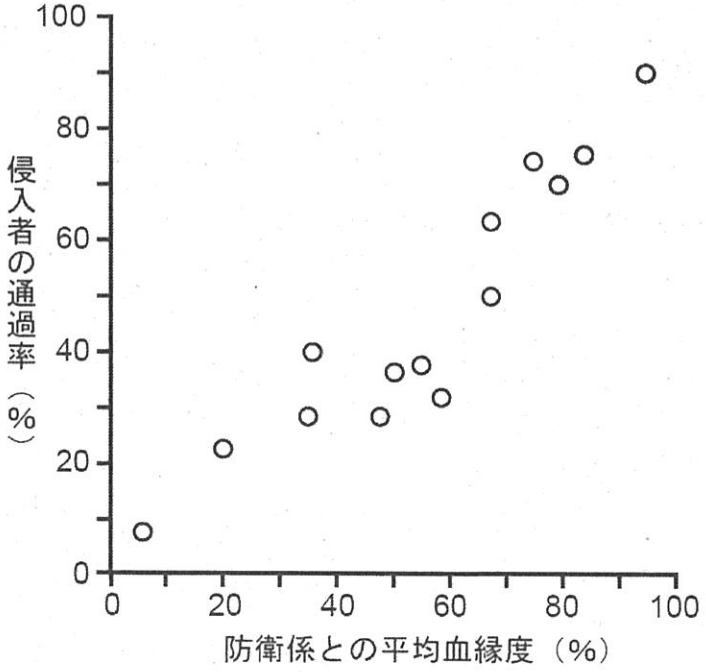


図　ハチの巣穴の防衛