

試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません

令和3年度個別学力検査(前期日程)

総 合 問 題

試験時間 100 分

下記の解答方法にしたがって解答しなさい。

問題番号	科 目	解 答 方 法	ページ
問題 1	英 語	全員解答すること	1～4
問題 2	物 理	左記の4科目のなかから2科目を選択し、解答すること	5～8
問題 3	化 学		9～11
問題 4	生 物		12～17
問題 5	数 学		18～19

注 意 事 項

- 1 解答用紙に、受験番号を忘れずに記入しなさい。
- 2 解答は、解答用紙の所定の欄に記入しなさい。
- 3 解答用紙には、うら、おもてにかかわらず、解答と受験番号のほかは、いっさい書入してはいけません。
- 4 本冊子の余白と、解答用紙についている白紙は、計算・下書き用のものです。
- 5 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁等に気づいた場合は、手を高く挙げて監督者に知らせなさい。
- 6 本冊子は、持ち帰りなさい。

問題訂正

問題2 (物理) 7ページ 上から1行目

下記のとおり下線部分を追加する。

- (誤) 運動ⅠとⅡにおいて、ドローンは鉛直上向きに大きさ F' [N] の一定の力を受けていた。・・・
- (正) 運動ⅠとⅡにおいて、回転する複数のプロペラによってドローンは鉛直上向きに大きさ F' [N] の一定の力を受けていた。・・・

解答用紙についての補足説明

問題3 (化学) 及び問題4 (生物) の解答欄は、解答用紙の表面と裏面の両面にあります。

問題5 (数学) の解答が解答用紙の表面で書ききれないときは、裏面の指定のスペースに書いてください。

問題 1 (英 語)

Read the text and answer the questions.

著作権の関係上、表示できません。

著作権の関係上、表示できません。

(

(

(

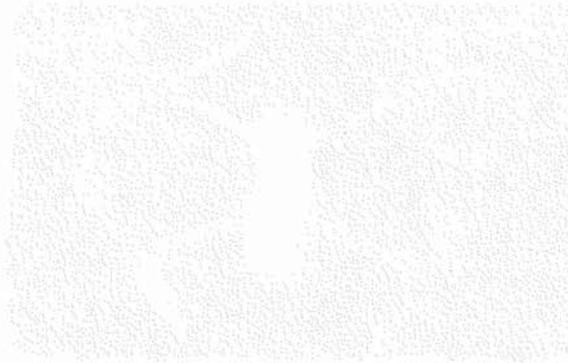
著作権の関係上，表示できません。

Modified from <https://www.sciencenewsforstudents.org/article/can-anything-stop-big-pig-invasion>

Questions

1. What is the most suitable word for blank (1)?
2. Change the underlined word (2) into the correct form.
3. Fill the blanks A-D in the underlined part (3) with the following words.
purpose / environment / accident / people
4. Choose the most suitable word for blank (4) from the following.
feel / catch / bring / meet
5. Put the words in the underlined part (5) in the correct order.
6. What is the most suitable word for blank (6)?
7. Fill the blanks A-D in the underlined sentences (7) with the following words.
return / catch / learn / escape
8. Change the underlined word (8) into the correct form.
9. Choose the most suitable word for blank (9) from the following.
which / what / whose / that
10. Choose the most suitable word for blank (10) from the following.
not / no / any / ever
11. What is the most suitable word for blank (11)?

12. According to the text, are the following statements true or false? If the statement is true, circle the letter T on the answer sheet. If it is false, circle the letter F.
- A. Knowing where wild pigs are will help scientists learn what the pigs do and where they might go later.
 - B. Wild pigs belong to five different species.
 - C. The best-designed traps allow pigs to climb into them on steps.
 - D. When wild pigs leave a hunting area or change their eating habits, hunters have problems locating them.



問題 2 (物 理)

図1のように、複数のプロペラで空中を移動しながら地上の様子を調べたり物資を運搬したりできる、電池(バッテリー)駆動式の小型無人航空機をドローンという。北海道十勝地方では、大規模な農地における作物の生育状況の調査や農薬散布、人が直接には立ち入れない自然災害時における農業被害状況の調査など、農畜産分野においてもドローンが広く使用されはじめている。ここではドローンの利用場面に関わる物理現象について、以下の問いに答えなさい。なお、特に指示のない限り解答欄には答えのみを書きなさい。

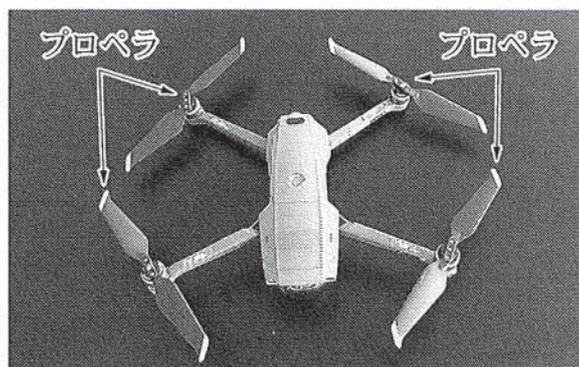


図1 ドローンの例

ドローンの電池は充電式である。図2のように、この電池の容量(使い切った状態から完全に充電されるまでに充電回路内を高電位側へ運ばれる電荷)を Q [C]、起電力を E [V]、内部抵抗を r [Ω] とする。ただし、起電力は常に一定とする。また、ドローンの飛行時に、この電池によって流れる平均の電流を I [A] とする。

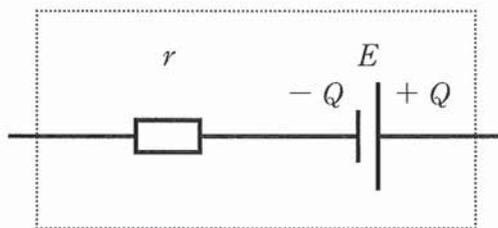


図2 完全に充電された電池の模式図

問 1 ドローンの電池が完全に充電されたとき、蓄えられている電気のエネルギーを求めなさい。

問 2 ドローンが飛行できる平均の最大時間を求めなさい。

問 3 ドローンの飛行時における電池の平均出力を求めなさい。

ドローンの質量を m [kg]、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。はじめにドローンが平らな地面上にあり、回転する複数のプロペラによって、ドローンが鉛直上向きに受ける力の大きさは F [N] であった。このときドローンの重心は静止していた。

問 4 ドローンが地面から受ける垂直抗力の大きさを求めなさい。

次に、プロペラの回転数を上げたところ、ドローンは離陸した。はじめは上昇の速さが増したが、やがて一定速度となった。さらにその後、プロペラの回転数を下げたところ、やがてドローンの重心は空中で静止した。図 3 のように、離陸から一定速度となるまでを運動 I、一定速度の状態を運動 II、一定速度から空中で静止するまでを運動 III と呼ぶことにする。

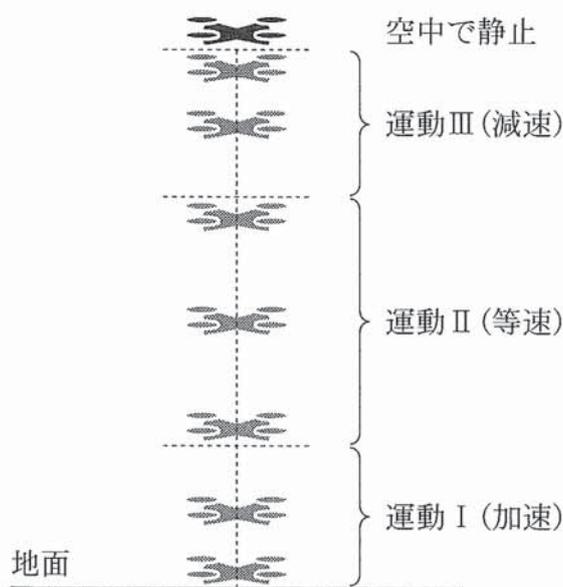


図 3 離陸から空中で静止するまでのドローンの運動

運動ⅠとⅡにおいて、ドローンは鉛直上向きに大きさ F [N] の一定の力を受けていた。ドローンの運動に対する空気の抵抗力はドローンの速度の 2 乗に比例するとし、その比例係数を k [kg/m] とする。

問 5 運動Ⅰにおけるドローンの運動方程式を立てなさい。ただし、鉛直上向きを正とし、ドローンの加速度を a [m/s²]、速度を v [m/s] としなさい。

問 6 運動Ⅱにおけるドローンの速さを、途中の計算過程も説明して求めなさい。

問 7 次の空欄 から に当てはまる数式を答えなさい。

運動エネルギーと仕事の関係に着目すると、ドローンに働く合力が行った仕事は、運動Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの合計で となる。

一方、ドローンがもつ重力による位置エネルギーを、地面において U_0 [J]、空中の静止位置において U [J] とすると、ドローンに働く重力が行った仕事は、運動Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの合計で となる。

したがって、回転する複数のプロペラによってドローンに鉛直上向きに働く力(以下、プロペラの力という)と空気の抵抗力が行った仕事の和は、運動Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの合計で となる。このうち、空気の抵抗力が行った仕事を w [J] とすると、プロペラの力が行った仕事は と表される。よって、プロペラの力が行った仕事のうち、ドローンの力学的エネルギーの変化がしめる割合は となって、1 より小さいことがわかる。

ここで、空中で静止しているドローンから地面までの距離を測定するため、図4のように、ドローンに取り付けられた装置が地面に向け、振動数が f [Hz]の赤外線を鉛直に照射した。赤外線が照射されてから、地面で反射し最初にドローンに届くまでの時間は t [s]であった。このとき、真空中の光の速さを c [m/s]、赤外線に対する空気の絶対屈折率を n とする。



図4 赤外線によるドローンから地面までの距離の測定

問8 ドローンから地面までの距離を求めなさい。

問9 赤外線の空気中における波長を求めなさい。

問10 この例のように、距離の測定に赤外線が使われることに関して、電波や可視光線と比べた赤外線の特性を説明しなさい。ただし、説明は次の語句をすべて用い、50字以上100字以内で書きなさい。

語句 波長、回折、散乱

問題 3 (化 学)

必要があれば、原子量は次の値を使うこと。

H 1.0 C 12 N 14 O 16 S 32 Cl 35.5 Pb 207

問 1 金属は日常生活においてさまざまな用途で使用される。鉄 Fe はもっとも使用量の多い金属で、鉄鉱石をコークスから生じた一酸化炭素で還元して得られる。鉄は希酸と反応して溶ける。金属には生物に対して毒性の強いものも存在し、^(A)その例として水銀 Hg と鉛 Pb がある。

水銀は周期表の 12 族に属し、常温・常圧で唯一、液体の金属である。水銀^(B)は多様な金属を溶かし、 と呼ばれる合金をつくる。水銀はさまざまな用途で使用されてきたが、その毒性の強さゆえ、現在では世界的に削減する動きが広がっている。

鉛は周期表の 14 族に属し、その化合物には 価と 価のもの^(C)が多いが、 価の化合物の方が安定である。鉛は硝酸や強塩基の水溶液^(D)に溶けるが、^(E)塩酸や希硫酸には溶けにくい性質をもつ。鉛は鉛蓄電池^(F)として自動車用のバッテリーなどに使われるほか、X 線吸収特性を利用して放射線遮へいの鉛ガラスや鉛エプロンなどにも使われている。鉛もまた、毒性や環境への影響を考慮して近年使用が減少している。

- (1) 上の文中の空欄 から に入る適切な語句または数字を答えなさい。
- (2) 下線部(A)について、鉄と希硫酸の化学反応式と、反応で得られる水溶液の色を答えなさい。
- (3) 下線部(B)および(C)について、次の設問に答えなさい。
 - 1) 水銀と同族に属し、蓄電池や、その硫黄化合物が黄色顔料として絵の具などに利用されている金属名を答えなさい。
 - 2) 鉛と同族に属する金属としてスズがある。鉄鋼(鋼板)をスズでメッキしたものを何と呼ぶか答えなさい。

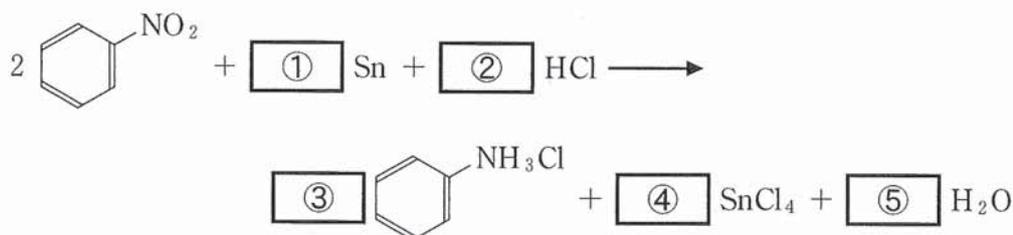
- (4) 下線部(D)について、酸にも塩基にも溶ける性質をもつ金属を何と呼ぶか答えなさい。
- (5) 下線部(E)について、鉛が塩酸および希硫酸に溶けにくい理由を、生成する化合物名を挙げて 30 字以内で答えなさい。
- (6) 下線部(F)について、次の設問に答えなさい。
- 1) 鉛蓄電池の負極・正極での反応を、それぞれ e^- を含むイオン反応式で答えなさい。
 - 2) 1)の負極・正極の反応を 1 つにまとめた化学反応式を答えなさい。
 - 3) 鉛蓄電池を 2.0 A で 5 時間放電したとき、負極・正極・電解液それぞれの質量がどれだけ増加したか、または減少したかを有効数字 2 桁で答えなさい。考え方がわかるように途中の計算式等も解答欄に書きなさい。ただし、ファラデー定数は $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。

問 2 アンモニアの水素原子を芳香族の炭化水素基で置換した化合物を ア と言う。ニトロベンゼンをスズと濃塩酸で還元し、水酸化ナトリウム水溶液を加え、^(A)油状の化合物 X が遊離する。X に無水酢酸を作用させるとアセトアニリドが生成する。一方で X の希塩酸溶液を氷冷しながら、^(C)i 水溶液を加えると塩化ベンゼンジアゾニウムが生成する。さらに、塩化ベンゼンジアゾニウム水溶液に ^(D)ii 水溶液を加えると、橙赤色の *p*-ヒドロキシアゾベンゼン (*p*-フェニルアゾフェノール) が生成する。*p*-ヒドロキシアゾベンゼンのように、分子中に官能基 $-N=N-$ をもつ化合物は総称して イ と呼ばれ、染料や色素として広く用いられている。

- (1) 上の文中の空欄 ア と イ に入る適切な語句を答えなさい。
- (2) 上の文中の空欄 i と ii に入る適切な化合物の化学式を答えなさい。

(3) 下線部(A)および(B)について、次の設問に答えなさい。

- 1) 下線部(A)の反応を次の反応式で表すことができる。空欄 から に入る適切な数字を答えなさい。



- 2) 化合物 の名称を答えなさい。
- 3) 化合物 の性質として正しいものを次の中からすべて選び、アルファベットで答えなさい。
- a 特有の臭気をもつ。
 - b さらし粉水溶液によって酸化され、黒色を呈する。
 - c アンモニアよりも塩基性が弱い。
 - d 有機溶媒に不溶である。
 - e 硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化すると黒色物質を生じる。
- 4) 下線部(A)および(B)の反応で 0.738 g のニトロベンゼンが完全に反応した場合に得られる化合物 の重さを有効数字 2 桁で答えなさい。考え方がわかるように途中の計算式等も解答欄に書きなさい。
- (4) 下線部(C)のアセトアニリドに塩酸の水溶液を加えて加熱した時に起こる反応を化学反応式で答えなさい。
- (5) 下線部(D)の塩化ベンゼンジアゾニウムは 5 °C 以上の水溶液中で加水分解する。常温で塩化ベンゼンジアゾニウム 100 g のうち 30 % が加水分解したときに発生する気体の物質量を有効数字 2 桁で答えなさい。考え方がわかるように途中の計算式等も解答欄に書きなさい。ただし、発生した気体は水溶液中に溶解しないものとする。

問題 4 (生 物)

問 1 手の表面についた微生物を検出する実験を行った。シャーレに特殊な培地を製作し、これに手のひらを 10 秒間押し当てた。シャーレを 25℃ で 7 日間培養したところ、培地表面に微生物の集まりであるコロニーがいくつか形成された。外観の異なるコロニーを採取し、DNA 染色剤によって染色してから光学顕微鏡で観察したところ、図 1 の生物 X と生物 Y がみられた。

生物 X では、微小な粒子状の細胞が観察され、DNA 染色剤によって細胞のおおむね全体が染色された。生物 Y では、隔壁で仕切られ糸状に連なった細胞と、胞子が観察された。また、DNA 染色剤によって、細胞の内部に、円形または楕円形に染色された細胞小器官が認められた。

生物 X と生物 Y の細胞を、電子顕微鏡で観察すると図 2 のようになった。

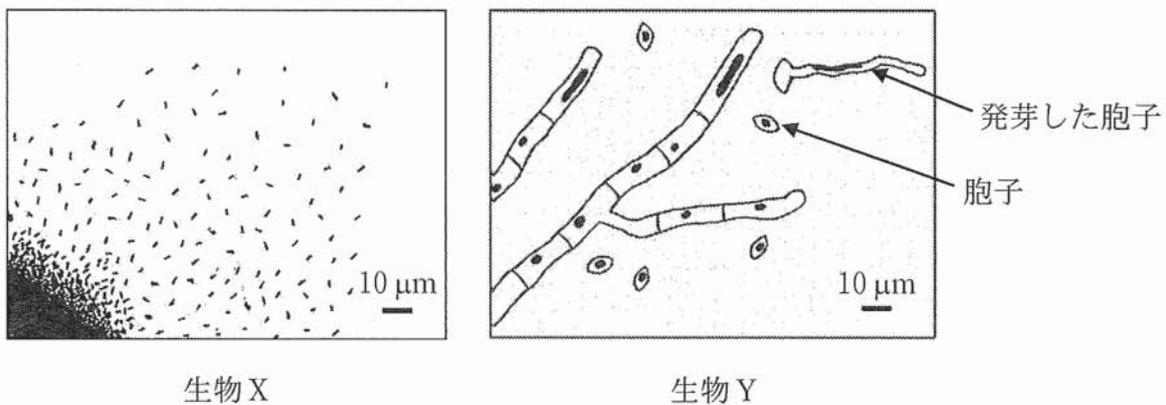


図 1

(3) 培地上で生物 Y の胞子を発芽させると、盛んに細胞分裂を開始した。分裂の盛んな 1000 個の細胞を観察したところ、ある時点で分裂期の細胞が 20 個あった。生物 Y の細胞周期の 1 周期の長さが 2 時間だとした場合、分裂期に要する秒数を答えなさい。

(4) 生物 X と生物 Y を培養した培地には、多くの微生物を増殖させるために必要な窒素源や炭素源となる有機物および無機化合物が含まれている。しかしながら、この培地では、ヒトに病原性のあるウイルスを増殖させることができない。

1) 次の文中の空欄 **D** ~ **F** に当てはまる適切な語句を答えなさい。

ウイルスは、基本的に脂質や **D** でできた殻と内部に存在する遺伝物質である **E** で構成されており、**F** を持たない。そのため、「すべての生物は **F** によって構成されている」という考えに従った場合、ウイルスは生物とは位置づけられない。

2) 下線部の理由を「ウイルスは」に続けて 30 字以内で説明しなさい。

問 2 昆虫の生活様式は様々である。例えば、ミツバチのコロニーでは産卵を行うのは女王のみで、女王の娘である多数のワーカー(働きバチ)は、自身で繁殖を行わず、採餌・子育て・巣づくり・防衛などを行う。こうした行動は他個体に利益をもたらす利他行動である。イギリスの生物学者ハミルトンは、どの個体も自己の子孫を**(b)**残そうとしているのではなく、自分の持っているのと同じ遺伝子を増やそうとしていると考え、血縁度という個体間で共通の祖先に由来する遺伝子を共有する確率で表わされる概念**(c)**を用いて昆虫の利他行動の進化を説明した。

ミツバチの仲間は半数性という特徴を持ち、オスは未受精卵に由来する半数体 (n)、メスは受精卵に由来する倍数体 ($2n$) である。図 1 は親子間の遺伝子の伝わりかたを示した図である。図 1 のミツバチの「自分(メス)」と「姉妹」の間の血縁度を求める方法は次のようになる。自分が持つある遺伝子が「母親」に由来する確率は 0.5、姉妹が母親から自分と同じ遺伝子を受け取る確率は **A** である。

そして、これらの積である **A** が自分と姉妹が母親由来の遺伝子を共有する確率となる。また、自分の持つある遺伝子が「父親」に由来する確率は0.5、姉妹が父親から同じ遺伝子を受け取る確率は **C** である。これらの積である **D** が自分と姉妹が父親由来の遺伝子を共有する確率となる。このとき自分と姉妹の間の血縁度は、**B** と **D** の和である **E** となる。仮にワーカーである自分が子を生むと、自分と子の間の血縁度は **F** となる。

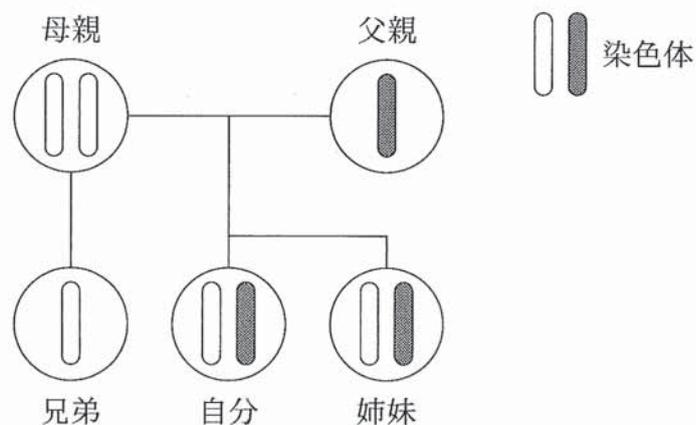


図1

- (1) 文章の空欄 **A** ~ **F** に当てはまる適切な数値を答えなさい。
- (2) 下線部(a)について、ミツバチやアリなど、コロニー内で繁殖と労働の分業が行われている昆虫を何と呼ぶか答えなさい。また、この分業体制を何と呼ぶか答えなさい。
- (3) 下線部(b)について、鳥類などにみられる、自らは繁殖を行わず、自身の兄弟姉妹の保育を行い両親の繁殖を助ける個体を何と呼ぶか答えなさい。
- (4) 下線部(c)について、自分および血縁関係にある他個体によって、自分と同じ遺伝子をどれだけふやせたかを測る尺度を何と呼ぶか答えなさい。
- (5) ミツバチのワーカーが自分の子を残さなくともよい理由を、「自分」、「子」、「姉妹」、「血縁度」、「遺伝子」の5つの語句を用いて、55字以内で説明しなさい。ただし、これらの語は繰り返し用いてもかまわない。

問 3 哺乳類の免疫は **ア** 免疫と **イ** 免疫に大きく分けられる。 **ア** 免疫では体内に侵入した様々な異物を非特異的に取り込む **ウ** が中心的な役割を果たす。 **ウ** には、病原体に共通の成分と特異的に結合する **エ** などの受容体が存在する。 **イ** 免疫に関わる B 細胞と T 細胞には、抗原受容体である B 細胞受容体と T 細胞受容体がそれぞれの細胞の **オ** に存在する。 **イ** 免疫は、B 細胞が産生した抗体が働く **カ** 免疫と、キラー T 細胞などが働く **キ** 免疫に分けられる。

- (1) 文中の空欄 **ア** ~ **キ** に当てはまる適切な語を答えなさい。ただし、**オ** については細胞構造の名称を答えなさい。
- (2) 抗体を成分として含むものを、次の選択肢ク~スからすべて選び、記号で答えなさい。
- ク. リゾチーム ケ. 血しょう中の凝集素 コ. 赤血球の凝集原
 サ. ポリオのワクチン シ. ヒトの血清 ス. ヘビの毒素
- (3) 抗体は図 1 のようにポリペプチドである 2 本の H 鎖と 2 本の L 鎖が共有結合したタンパク質である。

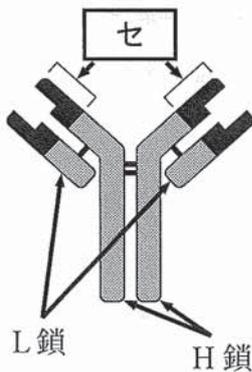


図 1

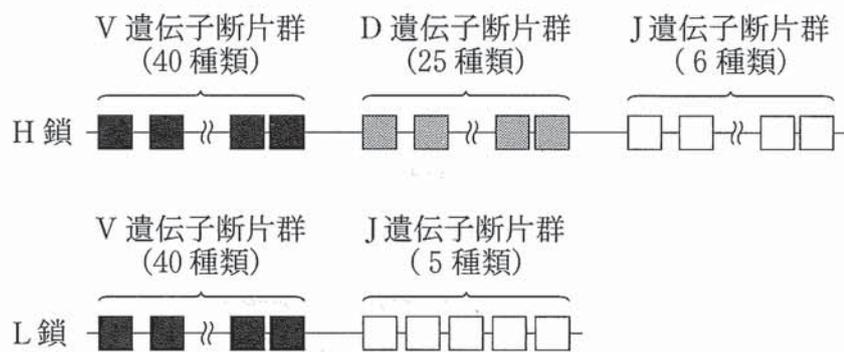


図 2

- 1) H 鎖と L 鎖をつなぐ共有結合を何と呼ぶか答えなさい。
- 2) H 鎖および L 鎖の先端部で抗体によって立体構造が異なる図 1 の空欄 **セ** の領域を何と呼ぶか答えなさい。

3) H鎖およびL鎖のアミノ酸配列を決定している遺伝子断片群が図2のとおり並んでいる。この場合、遺伝子の再編成によって何種類の抗体が生じるか答えなさい。なお、遺伝子の再編成の過程では、塩基の置換や挿入、欠失などは生じないものとする。

(4) マウス①に既知の抗原 M を、マウス②に既知の抗原 N をそれぞれ注射した。40 日後に 2 匹のマウスにそれぞれ未知の抗原 X を注射した。それぞれのマウスで血液中の抗原 M と抗原 N に対する特異的な抗体の濃度を観察した結果、図3のようになった。

抗原 X は抗原 M、抗原 N、もしくは両者の混合物のいずれであったと考えられるか。解答欄の選択肢から 1 つ選び、丸で囲みなさい。また、その選択肢を選んだ理由を「マウス①では」および「マウス②では」に続けて、それぞれ 25 字以内で答えなさい。

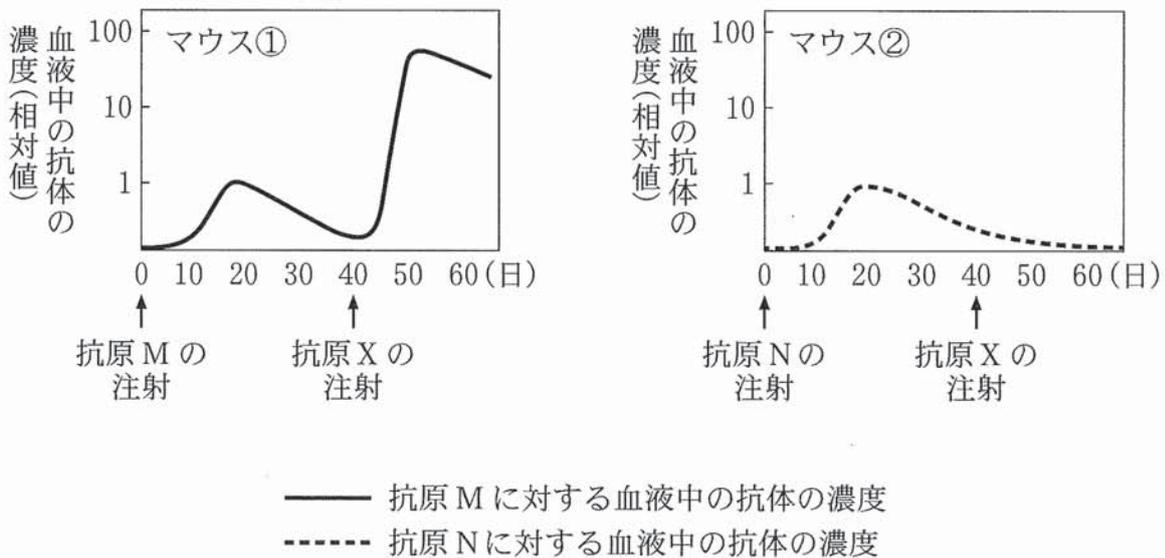


図 3

問題 5 (数 学)

問 1 1個のさいころを投げるとき、1の目が出れば $\theta = 0$ 、2または3の目が出れば $\theta = \frac{\pi}{2}$ 、4以上の目が出れば $\theta = -\frac{\pi}{2}$ とする。次の問いに答えなさい。

- (1) $\sin \theta$ のとり得る値をすべて求めなさい。
- (2) $\cos \theta = 0$ になる確率を求めなさい。
- (3) $\sin 2\theta + 2 \sin \theta = 2$ になる確率を求めなさい。

問 2 第4項が30である数列 $\{a_n\}$ の一般項を $a_n = \sqrt{\frac{m}{n}}$ で定義する。また、 $b = \log_2 3$ 、 $c = \log_2 5$ とする。ただし、 m は自然数である。次の問いに答えなさい。

- (1) m 、 a_1 、 a_2 の値をそれぞれ求めなさい。
- (2) $\log_2 a_1$ 、 $\log_2 a_2$ をそれぞれ b と c の式で表しなさい。
- (3) 不等式 $\log_2 k_1 < b < \log_2(k_1 + 2)$ を満たす自然数 k_1 を求めなさい。
- (4) 不等式 $2(\log_2 a_1 - \log_2 a_2) + b < k_2$ を満たす最小の自然数 k_2 を求めなさい。

(問 3 は次ページに続く。)

問 3 関数 $f(x) = -x^2 + 2x$, $g(x) = |f(x)|$, $h(x) = f(x) + 2$ を用いて, 3 つの曲線

$$C_f: y = f(x), C_g: y = g(x), C_h: y = h(x)$$

を定義する。直線 $L: y = ax + \beta$ は点 $A\left(-\frac{3}{2}, -3\right)$ から曲線 C_f に引いた接線であり, 直線 L と曲線 C_h との共有点を $P(p, q)$ とする。また, 連立不等式

$$\begin{cases} y \leq ax + \beta \\ y \geq g(x) \\ y \leq h(x) \\ x \leq 2 \end{cases}$$

の表す領域の面積を S とする。ただし, $a > \beta$, $p > 0$, $q > 0$ とする。次の問いに答えなさい。

- (1) 関数 $f(x)$ の導関数を求めなさい。
- (2) a , β の値をそれぞれ求めなさい。
- (3) p , q の値をそれぞれ求めなさい。
- (4) S の値を求めなさい。