

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 8 年度個別学力検査(前期日程)

総 合 問 題

試験時間 100 分

下記の解答方法に従って解答しなさい。

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～ 7
問題 2	物 理	左記の 4 題の中から 2 題を選択し、 解答すること。	9～16
問題 3	化 学		17～22
問題 4	生 物		23～29
問題 5	数 学		31～33

注 意 事 項

- 1 解答用紙に、受験番号（数字 4 桁のみ）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、裏、表にかかわらず、解答と受験番号のほかは、いっさい書き入れてはいけません。
- 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 試験中に問題冊子や解答用紙の印刷不鮮明、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 1 (英 語)

Read the article and answer the following questions.

(著作権の関係上, 公開できません)

(著作権の関係上、公開できません)

(著作権の関係上、公開できません)

Questions

1. For the eight words in bold face in the article (as shown below), match the definition and write A, B, C, D, E, F, G or H.

traits

wrinkled

constricted

single-handedly

unprecedented

raw

accelerate

yielding

A. alone; by one self

B. uncooked; in original condition

C. of the amount of crop produce

D. characteristics; features

E. to promote; to speed up

F. without previous cases or experiences

G. tightly packed and shortened

H. not smooth; having lines

2. The underlined words “depth” and “breadth” in paragraph 6 are nouns. Write the adjective forms of these nouns (For example, “height” is a noun and its adjective form is “high”).
3. In the article, there are synonyms for the underlined words “foundation” (in paragraph 1), “significant” (in paragraph 3), and “uncovered” (in paragraph 3) listed below. Find the best synonym for each word in the article and write them.
- foundation
 - significant
 - uncovered
4. Which of the following is the appropriate time period for “decades” in paragraph 8? Write A, B, C or D.
- (A) more than twelve months
- (B) more than twenty months
- (C) more than twenty years
- (D) more than twelve years

5. Among the four words below, the underlined part is pronounced differently in one of them. Choose the one that is different from the others and write A, B, C or D.
- (A) bred
 - (B) pieces
 - (C) gene
 - (D) team
6. The following sentence is taken from the article. Which paragraph is the most appropriate place to include the sentence? Write the ordinal number of the paragraph spelled out in English (For example, “The second paragraph”).

How did researchers unlock the genomics of a global pea collection?

7. The following text is an excerpt from the same source. Put the words of the two underlined parts (1) and (2) in the correct order.

The novel genomic tools created by ⁽¹⁾ modern / are / scientific / being / used / this / collaboration to revisit these classic experiments, shedding light on the genetics underpinning Mendelian traits. For the trait of flower color, the team found an unusual type of naturally occurring mutation which restores the purple color to white flowered peas. The team ⁽²⁾ that / in / mutation / discovered / also / a / results the yellow pod trait, which is of great interest to academics.

8. Which of the expressions below is closest in meaning to the underlined expression “are being called upon” in paragraph 5? Write A, B, C or D.
- (A) are being required
 - (B) are being sown
 - (C) are being invited
 - (D) are being received

9. Which of the expressions below is closest in meaning to the underlined word “fix” in paragraph 5? Write A, B, C or D.
- (A) to take care
 - (B) to take advantage of
 - (C) to take place
 - (D) to take in
10. Which of the expressions below is closest in meaning to the underlined expression “pave the way” in paragraph 10? Write A, B, C or D.
- (A) to create a new method
 - (B) to arrange initial settings
 - (C) to connect researches
 - (D) to pay a high price
11. Which of the following cannot be inferred based on Dr. Chayut’s comment? Write A, B, C or D.
- (A) Mendel conducted experiments on pea not only because it was a favorable model, but also because he wanted to help growers.
 - (B) The new genetic study enables farmers to grow pea in places where it was unable to grow it the past.
 - (C) The new genetic technology will change the way how scientists study peas and how companies use them.
 - (D) Scientists reevaluated Mendel’s fundamental discoveries critically because they were reported over one hundred years ago.
12. Which of the following cannot be inferred from Professor Cheng’s comment? Write A, B, C or D.
- (A) When Mendel conducted experiments on peas, he did not know about genetics.
 - (B) Scientists are now able to review Mendel’s findings with modern tools and technology.
 - (C) Mendel anticipated that scientists in the future would redo his experiments and praise him.
 - (D) Scientists are surprised that Mendel’s findings correspond to the outcomes with current techniques.

13. Which of the following cannot be inferred from Professor Ellis’s comment?

Write A, B, C or D.

- (A) Professor Ellis follows Mendel’s work and tries to give more explanations on plant variation.
- (B) Genetic data is essential for nursery companies because their study gives up-to-date description.
- (C) Legume breeders make efficient use of the accessions and associated data.
- (D) Professor Ellis thinks that researchers should be given an access to the new data for their study.

14. The paragraph below is a short summary of the article. Choose the best word to complete the summary. Note that you may need to change the form of the word. In addition, each word can be used only once.

Gregor Mendel’s experiments on peas, conducted more than a century ago, (1) _____ genetic study and his findings still (2) _____ today’s genetic engineering. Combined with recent advancements in genomics and bioinformatics, researchers have been able to (3) _____ a genomic map of peas and located the parts of the genomes that are responsible for (4) _____. The new technology has the (5) _____ to allow healthier peas to be produced with less fertilizer, leading to less environmental (6) _____.

establish	create	potential
damage	variation	revolution
fearsome	production	influence

(このページは空白です。)

問題 2 (物 理)

以下、特に指示のない限り、解答欄には答えのみを書きなさい。

問 1

大気中の水分は、上空で水滴になり雲をつくる。この水滴はある程度の大きさになると雨として落下し、地上に降り注ぐ。土に染み込んだ雨水のうち、植物によって吸い上げられたものの一部は、蒸散により葉の気孔から水蒸気として大気中に放出される。この水の循環を考えてみよう。重力加速度の大きさは g で一定とする。

質量 m の水滴が、地上からの高さ h の位置から初速度 0 で落下した。このとき水滴にはたらく重力の大きさは **ア** である。したがって、空気の抵抗がない場合、水滴が地上に到達する直前の速さは **イ** である。実際には空気の抵抗がはたらき、その抵抗力の大きさを f 、鉛直下向きを正として水滴の加速度を a とすると、水滴の運動方程式は **ウ** となる。ここで、 f がある定数 k と水滴の速さ v を用いて $f = kv$ と表されるとき、水滴の終端速度は **エ** となる。なお、落下中の水滴の蒸発などによる質量変化および体積変化はないものとする。

- 1) **ア** ~ **エ** に当てはまる数式を求めなさい。

土に染み込んだ雨水がどのように植物に吸い上げられるのかを，次のような仮定に基づいて考えよう。

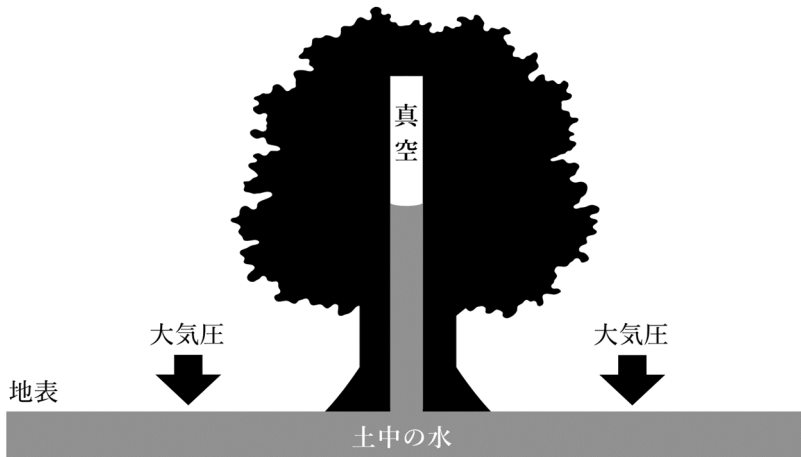


図 1

図 1 のように，樹木上部の葉の表面で水が蒸発すると樹木内部が真空となり，大気圧によって樹木の根から樹木内部に水が押し上げられるとする。大気圧を $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ とすると，地表付近の物体には大気から 1.0 m^2 あたり大きさ **オ** の力がかかっている。水の密度を 1.0 g/cm^3 とし，ここでは簡単のため重力加速度の大きさを 10 m/s^2 とした場合，樹木内部に押し上げられる水の高さは **カ** となる。

ミズナラは北海道のほぼ全域に分布している落葉広葉樹であり，寒冷地において太陽光を多く獲得するために，樹高の高い針葉樹との競争にさらされ，最大樹高が 35 m に達するものもある。上記の仮定では，樹高 35 m のミズナラの最上部まで水が供給 **キ** ことになる。

- 2) **オ** および **カ** に当てはまる数量を求めなさい。
- 3) **キ** に当てはまる語句を解答欄から選んで丸で囲みなさい。

ミズナラは、寒冷地で時間をかけて生育するため年輪の幅が狭く、積雪にも耐える必要があるため幹の強度が高い。そのため、ミズナラ材は広葉樹の中でも比較的硬く、家具、工芸品、住宅の床などに用いられている。近年では、くん製チップやウイスキーの熟成樽などにも使用される。このミズナラ材の切断について考えてみよう。

図 2 は、刃の先端の長さ L 、幅 W の十分な強度をもつ金属製のオノが、水平な地面に置かれた直方体のミズナラ材の表面に対し、鉛直下向きに振り下ろされた瞬間を表している。ミズナラ材の繊維は、単位面積あたりにかかる力の大きさが P 以上になると切断することができる。

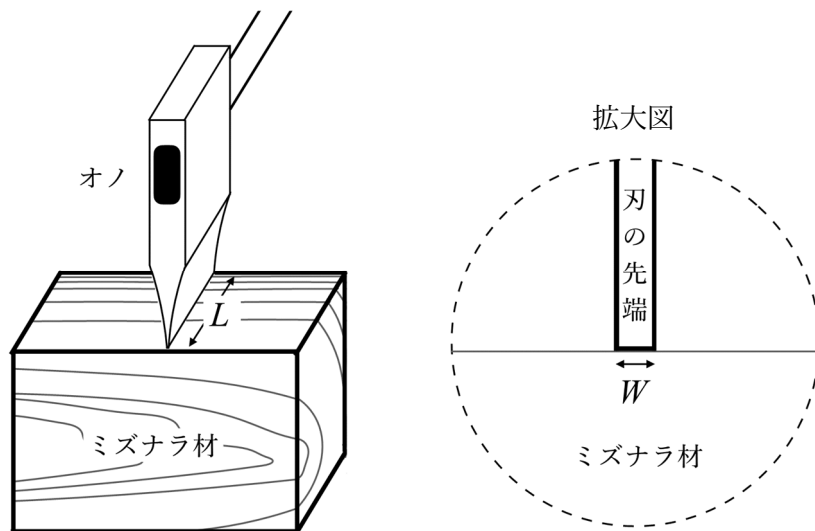


図 2

- 4) このオノが、ミズナラ材の繊維を切断するために必要な、ミズナラ材に加える力の大きさ F の条件式を求めなさい。

質量 M のこのオノが、ミズナラ材の表面に鉛直下向きに接触する直前の速さが V のとき、図 3 のように、直方体とみなすことができる刃の先端が、ミズナラ材の中で、ある深さまで入り込んで静止した。

- 5) オノが静止するまでにミズナラ材から受ける力の大きさは、オノがミズナラ材の繊維を切断する最小の力の大きさに等しいとしたとき、この深さを求めなさい。

オノがミズナラ材に接触する直前から静止するまでにおける力学的エネルギーの減少量の一部は、オノとミズナラ材の摩擦により、ミズナラ材の温度上昇に使われる。

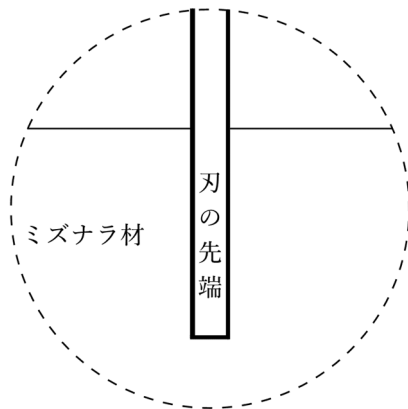


図 3

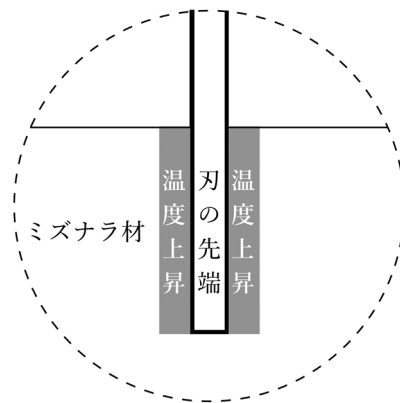


図 4

- 6) オノの力学的エネルギーの減少量の 3.5% が、図 4 のように、ミズナラ材の切断面から両側 1.0 mm の厚さの部分に一様に与えられた。この部分のミズナラ材の温度上昇を有効数字 2 桁で求めなさい。ただし、オノがミズナラ材に入り込んだ深さを 1.0 cm, $M = 1.0$ kg, $V = 20$ m/s, $L = 10$ cm, $g = 10$ m/s² とし、ミズナラ材の密度は 0.70 g/cm³, 比熱は 1.25 J/(g・K) とする。

(問題 2 (物理) は次ページに続く。)

問 2

超音波エコーは、プローブとよばれる端子から超音波をヒトや動物の体内に向けて入射し、跳ね返ってきた反射波を検出することで、臓器や血球などの対象物の位置や動きを観察する装置である。対象物の近くを通過した超音波は背後に回り込む。この現象を波の **ア** という。超音波の波長が、対象物の見分けようとする部分の長さよりも短いと、**ア** の影響を受けにくくなり、対象物の大きさや位置を特定しやすくなる。そのため、用いる超音波の振動数が **イ** なるほど小さな対象物を感知できるようになる。超音波の波長を λ 、振動数を f とすると、波の進む速さは **ウ** となる。この超音波がプローブから入射されてから対象物に当たって跳ね返り、プローブに戻ってくるまでの時間を t とすると、プローブから対象物までの距離は **エ** となる。

- 1) 文中の **ア** ~ **エ** に当てはまる語句および数式を答えなさい。ただし、**イ** には当てはまる語句を解答欄から選んで丸で囲みなさい。
- 2) 動物の体内を伝わる超音波の速さを $1.5 \times 10^3 \text{ m/s}$ 、同じ温度の空気中を伝わる超音波の速さを $3.5 \times 10^2 \text{ m/s}$ とする。超音波の、空気に対する体内の屈折率を求めなさい。なお、有効数字は2桁とする。
- 3) 文中の下線部に関して、動物の体内を伝わる超音波の速さを v 、超音波の周期を T とするとき、長さ d 程度の精度で対象物を感知できるようになるための T の条件式を求めなさい。

性能の高い超音波エコーでは、血管内を流れる血球からの反射波を検出し、その振動数の変化から血球の向きや速さを測定することができる。図1のように、入射する超音波と平行な血管を考えてみよう。超音波より遅い一定の速さ v_1 で超音波と同じ向きに流れている血球に、波長 λ_1 、振動数 f_1 の超音波を入射した。このとき、血球表面で反射した反射波の振動数は **オ** となる。

実際の血管はさまざまな方向を向いている。図2のように、血球の流れる向きと入射する超音波のなす角を θ とすると、入射波と血球表面で反射した反射波による単位時間あたりのうなりの回数は **カ** となる。

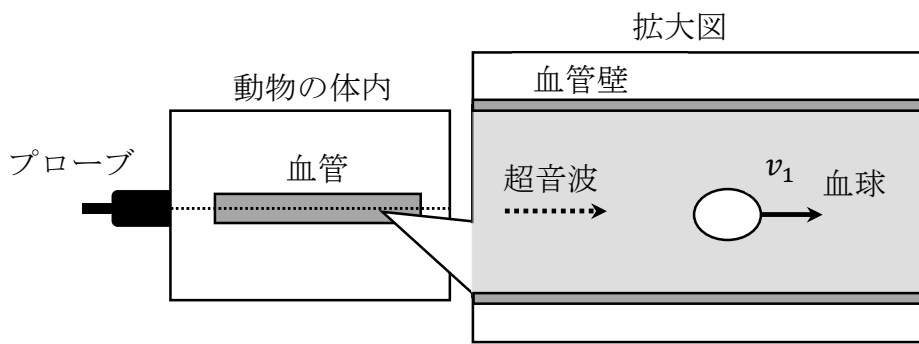


図1

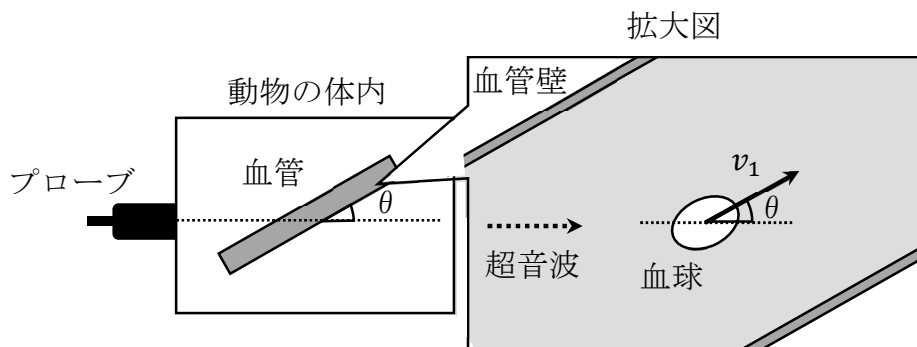


図2

- 4) 文中の **オ** および **カ** に当てはまる数式を答えなさい。

対象物に到達した超音波の一部は反射し、一部は透過（入射角 0 で屈折）する。図 3 のように、プローブから距離 L_A , L_B ($L_A < L_B$) の位置に厚みが無視できる対象物 A, B が存在する場合、プローブから入射した波長 λ_2 , 振動数 f_2 の超音波の一部は対象物 A に当たって反射し（反射波 A）、透過した超音波がやや遅れて対象物 B に当たって反射する（反射波 B）。これらを検出することで、入射方向に 2 つの物体があることがわかる。

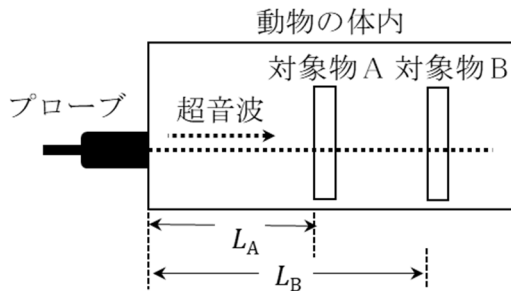


図 3

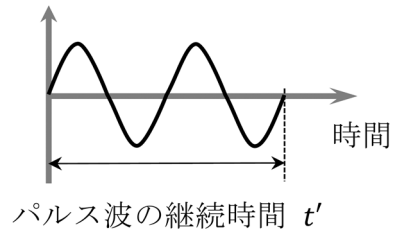


図 4

実際の超音波エコーでは、超音波が短い時間だけ継続するパルス波が用いられる。図 4 のようにパルス波の継続時間を t' とすると、反射波の継続時間も t' となる。図 5 において、(ii) のように t' が長すぎると反射波 A と B が重なり合い、対象物 A と B が区別されなくなる。

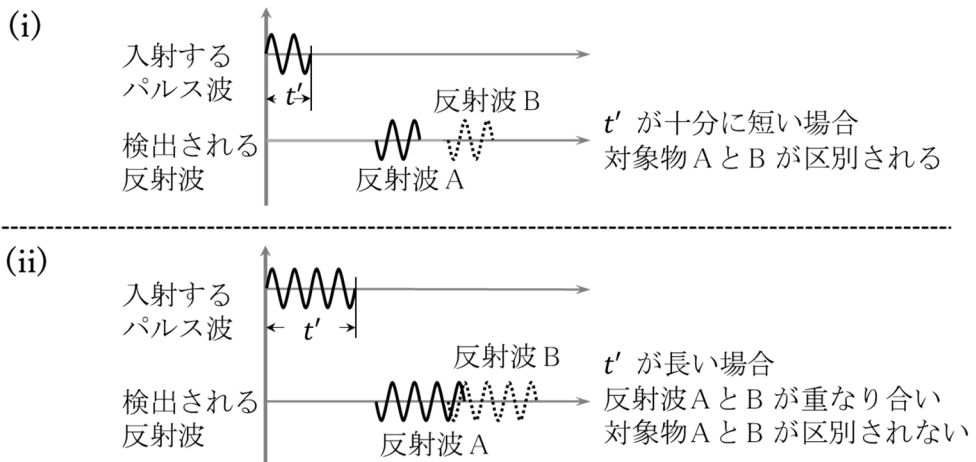


図 5

5) 対象物 A と B が区別されるための L_A , L_B , t' の条件式を求めなさい。

さらに、このようなパルス波を断続的に入射することで得た信号をつなぎ合わせると、体内の様子をリアルタイムで観察することができる。図6のように対象物A,Bに対し、時間間隔 T' のパルス波を順に第1波, 第2波として入射する。

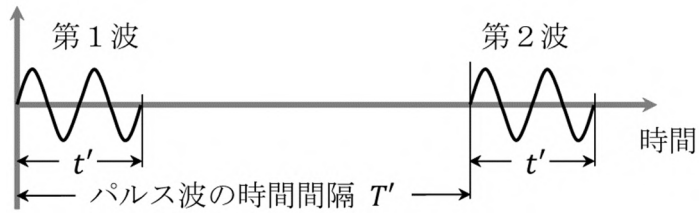


図6

第1波に対する対象物A,Bからの反射波をそれぞれ反射波 A_1, B_1 , 第2波に対する対象物A,Bからの反射波をそれぞれ反射波 A_2, B_2 とすると, 反射波 A_1 と A_2, B_1 と B_2 の時間間隔もそれぞれ T' となる。図7において, (ii) のように T' が短すぎる場合, 反射波 B_1 と A_2 が重なり合い, 対象物AとBが区別されなくなる。

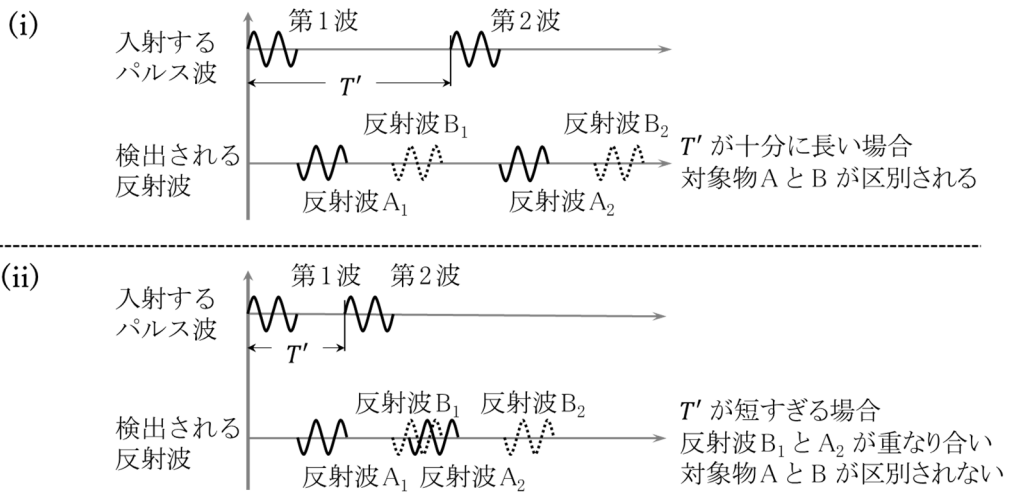


図7

6) 対象物AとBが区別されるための L_A, L_B, t', T' の条件式を求めなさい。

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 Na 23 K 39 Mn 55

問 1

容量分析とは，濃度既知の標準溶液を用いて，試料溶液に含まれる目的成分の濃度を，試料溶液と過不足なく反応する標準溶液の容量から求める実験手法である。酸と塩基の反応を利用した方法を **ア** 滴定，酸化と還元を利用した方法を **イ** 滴定という。ブレンステッド・ローリーの定義では，酸と塩基を **ウ** の授受で表す。一方，^(A)酸化と還元は **エ** の授受で表すことができる。

シュウ酸二水和物は常温・常圧下において安定であり高純度を保つことができるため，その水溶液は滴定の標準溶液としてしばしば利用される。一方，塩基である水酸化ナトリウムは正確に秤量することが難しい。これは，水酸化ナトリウムが空気中の二酸化炭素と反応することに加え，水分を吸収し溶解する性質である潮解性を示し，純度の低下を起こすためである。^(B)水酸化ナトリウムを標準溶液として使用するためには，シュウ酸水溶液などを用い正確な濃度を決定する必要がある。

- 1) 文中の **ア** ～ **エ** に当てはまる最も適切な語句を次の語群の中から選んで答えなさい。

[語群]

CO₂, H⁺, H₂O, N₂, O₃, OH⁻, 酸化反応, 酸化還元, 水和, 中性子, 中和, 沈殿, 電解, 電子, 電離, 飽和

- 2) 25℃でのアンモニアの電離定数が K_b [mol/L] のとき，25℃における x [mol/L] のアンモニア水溶液中の水酸化物イオンのモル濃度を， K_b と x を用いて表しなさい。ただし，このときのアンモニアの電離度は無視できるほど小さいものとする。

3) 下線部(A)について次の問いに答えなさい。

COD (化学的酸素要求量) は、湖沼などの水質の指標であり、水中に含まれる有機物と反応した酸化剤の量から、同じ反応に必要な酸素の質量を求めた値である。その分析には以下のように酸化と還元が活用されている。まず、水試料に過マンガン酸カリウムを試料中の有機物の量に対して過剰に添加し、試料中の有機物と反応させる。次に、その反応液に対してシュウ酸ナトリウム水溶液を過剰に添加し、未反応の過マンガン酸カリウムをすべて還元する。最後に残存した未反応のシュウ酸ナトリウムを過マンガン酸カリウム水溶液で滴定し、間接的に水試料に含まれる有機物との反応に消費された過マンガン酸カリウム量を求める (図 1)。このような操作を逆滴定といい、試料 1 L に含まれる有機物の酸化に要する過マンガン酸カリウム量を酸素の質量に換算したものを COD [mg/L] とする。

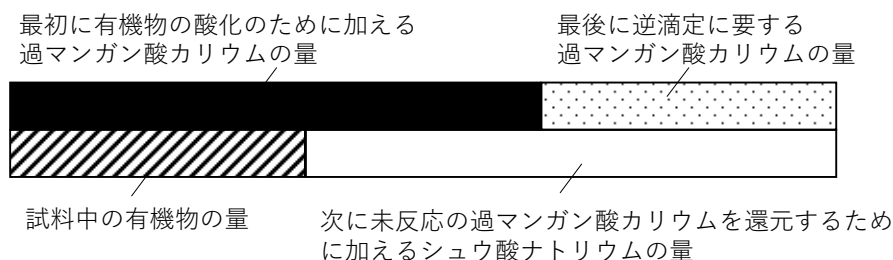
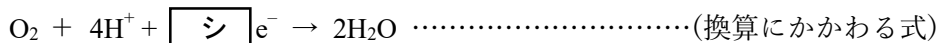
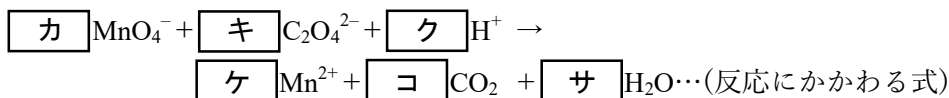
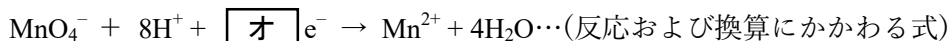


図 1

(1) 文中の反応および換算にかかわる式は次の通りである。次の式中の

□オ～□シに当てはまる適切な数字を答えなさい。



(2) 100 mL の湖水試料 X を硫酸を用いて酸性に調整後、 5.00×10^{-3} mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液 10.0 mL を加え反応させた。続いて、 1.25×10^{-2} mol/L のシュウ酸ナトリウム水溶液 10.0 mL を加え、上記の過マンガン酸カリウム水溶液により逆滴定を行ったところ、1.51 mL を要した。湖水試料 X の COD [mg/L] を有効数字 2 桁で求めなさい。また、それを導く考え方や計算の過程等を答えなさい。なお、過マンガン酸カリウムの自己分解は起こらず、かつ試料中には分析の妨げになる塩化物イオンなどは存在しないものとする。

4) 下線部(B)について次の問いに答えなさい。

空気中の水分の吸収などにより純度が低下した水酸化ナトリウム約 0.9 g を水に溶かして 100 mL としたものを調製した。また、食酢 Y を水で 2 倍に希釈した。フェノールフタレインを指示薬として 0.100 mol/L のシュウ酸水溶液 10.0 mL を滴定したところ、調製した水酸化ナトリウム水溶液 10.0 mL を要した。同様に希釈した食酢 10.0 mL の滴定を行ったところ、調製した水酸化ナトリウム水溶液 22.0 mL を要した。希釈前の食酢 Y 中の酢酸の質量パーセント濃度 [%] を有効数字 2 桁で求めなさい。また、それを導く考え方や計算の過程等を答えなさい。なお、食酢中の酸性成分は全て酢酸とし、食酢および酢酸の比重は 1.00 とする。

問 2

食品添加物には、甘味料、酸味料、着色料、香料などがあり、食品の加工・保存などの目的で使用され、我々の食生活には欠かせないものとなっている。食品添加物に関する次の問いに答えなさい。

- 1) 甘味料について、次の文中の **ア** ～ **キ** に当てはまる最も適切な語句を語群の中から選んで答えなさい。また、(m) と (n) に当てはまる数字を答えなさい。

代表的な甘味料として糖類があり、単糖類と二糖類に分類される。単糖であるグルコース、フルクトース、**ア** はいずれも (m) 個の炭素で構成されていることから **イ** に分類される。また、これらには (n) 個のヒドロキシ基を有するという共通点もある。鎖状構造におけるグルコースや **ア** には還元性を示す **ウ** 基があるが、フルクトースには **ウ** 基はない。しかし、フルクトースの水溶液は、フルクトース中のカルボニル基と隣接する炭素に結合しているヒドロキシ基の部分が酸化されやすいために還元性を示す。一方、フルクトースとグルコースが結合した二糖類である **エ** の水溶液は還元性を示さない。これは、フルクトースとグルコースの還元性を示すそれぞれの官能基同士が結合に使われるためである。

糖類以外の甘味料には図1に示すアスパルテームなどがある。アスパルテームは、アスパラギン酸と **オ** が **カ** 結合したジペプチド化合物に、さらに **キ** がエステル結合した構造であり、その甘味度は **エ** の200倍といわれている。

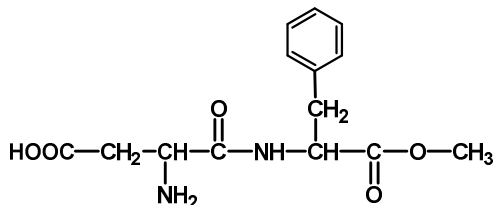


図 1

[語群]

アミド、アミノ、アラニン、イオン、カルボキシ、ガラクトース、スクロース、チロシン、トレハロース、バリン、フェニルアラニン、ヘキソース、ベンゼン、ペントース、ホルミル、メタン、メタノール、ラクトース

2) 代表的な酸味料として乳酸がある。乳酸の構造式を示しなさい。ただし、立体異性体については考えなくてよい。

また、乳酸に関する記述で正しいものを次の選択肢の中から 2 つ選び記号で答えなさい。

- a 還元性を示す。
- b ヨードホルム反応を呈する。
- c 不飽和脂肪酸である。
- d クメン法で製造される。
- e 無色の結晶である。
- f ジカルボン酸である。

3) 着色料について、次の文章を読んで問いに答えなさい。

バターイエローという化合物は、以前は着色料として使用されていたが、人に対する発がん性が危惧されたため、食品添加物から除外された。

バターイエローはアニリンを原料に合成することができる。その第一段階として、希塩酸に溶解したアニリンと亜硝酸ナトリウム NaNO_2 を 5°C 以下で反応させ、塩化ベンゼンジアゾニウムを生成させる。

(1) アニリンから塩化ベンゼンジアゾニウムを生成させる化学反応式を示しなさい。

(2) この反応を 5°C 以下で行う理由として最も適したものを次の選択肢の中から 1 つ選び記号で答えなさい。

- a 反応を促進させるため。
- b 副生成物であるアセトアニリドの生成を抑制するため。
- c 塩化ベンゼンジアゾニウムの安定性を高めるため。
- d 亜硝酸ナトリウムからの二酸化窒素の遊離を防ぐため。

4) 香料について、次の問いに答えなさい。

- (1) 図2は、アーモンド系の香料などに用いられるベンズアルデヒドの構造式である。ベンズアルデヒドを過マンガン酸カリウムで処理したときに生成する有機化合物について、主要な用途として適切なものを次の選択肢の中から2つ選び記号で答えなさい。

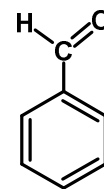


図2

- a 医薬品の原料
- b 火薬の原料
- c 食品の酸化防止剤
- d 食品の保存料（防腐剤）
- e 食品の殺菌剤

- (2) バナナなどの果実系の香料に用いられるエステルXは、1価のカルボン酸Yと1価のアルコールZから合成される。

- ① Yの分子量を M_Y 、Zの分子量を M_Z とする。このとき、質量AのYから合成されるXの分子量および質量を、Aおよび M_Y 、 M_Z を用いて表しなさい。ただし、Yの質量AとXの質量の単位はグラム[g]とし、YはすべてXの合成に使われるものとする。また、Xの合成のためにZは十分な量があるものとする。
- ② Xの構造を求めるために、35.7 gのXを完全に加水分解したところ、YとZが合計で42.0 g得られ、Zがエタノールであることがわかった。これらの結果から、Xの示性式を求めなさい。また、Xの構造を求めるための考え方や計算の過程等を答えなさい。ただし、Yは直鎖状の飽和脂肪酸とする。

問題 4 (生 物)

問 1

細胞分裂では、DNA が複製され、核分裂と細胞質分裂により 2 個の娘細胞が
つくられる。このとき、(a)新しい DNA 鎖はもとの 2 本の DNA 鎖のそれぞれを
鋳型として合成される。 私たちヒトの体を構成する細胞の数は約 37 兆個といわ
れ、その全ての細胞は(b)たった 1 個の細胞 (受精卵) が細胞分裂したものに由
来する。 受精後の胚では、細胞周期の長さを変化させながら細胞数が増加し、
発生が進行する。細胞数が増えてくると、それぞれの細胞は異なる機能もち
始め、組織や器官をつくる。例えば体節前駆細胞では、(c)転写因子 myoD が筋
細胞としての性質に必要な遺伝子 M などを制御し、筋組織が形成される。 また、
神経管から発生した眼胞は眼杯へと変化した後、周囲の細胞が(d)水晶体となる
ことで、眼の複雑な立体構造ができあがる。

- 1) (1) 下線部(a)で述べられた複製のしくみを何というか、答えなさい。
(2) DNA 複製では、一方の鎖は連続的に、もう一方の鎖は断片的に合成
される。この違いが生じるのは、DNA 合成酵素のどのような性質によ
るか、30 字以内で説明しなさい。
- 2) 下線部(b)に関して、ある哺乳類の胚発生を観察した。表 1 は、この胚の
細胞総数および多能性の維持に重要な遺伝子 A を発現している細胞の数を、
24 時間ごとに測定した結果の一部を示している。
 - (1) この哺乳類の受精卵は、受精後は 24 時間に 1 回の頻度で分裂し、
8 細胞になった。8 細胞になってから 72 時間は、細胞周期の 1 周にか
かる時間が 2 分の 1 になった。それ以降は、48 時間ごとに 1 回分裂し
た。受精後 240 時間における胚の細胞数を計算しなさい。
 - (2) 表 1 の空欄部分の細胞総数を求め、遺伝子 A を発現している細胞の
割合を計算し、解答用紙のグラフ用方眼に折れ線グラフを描きなさい。
また、遺伝子 A の機能を考慮し、このグラフの推移からわかる胚で起
こった現象を簡潔に説明しなさい。

表 1

受精後の経過時間 (時間)	24	48	72	96	120	144
細胞総数	2	4	8			
遺伝子 A 発現細胞数	2	4	8	31	90	100

3) 下線部(c)に関して、筋細胞の形成について詳しく調べるために、未分化な体節前駆細胞および隣接する外胚葉由来の組織を取り出し、一定期間、単独で培養もしくは組み合わせて培養（共培養）した後、6つの遺伝子（遺伝子B～Fおよび筋細胞にのみ発現する遺伝子M）の発現量を解析した（表2）。なお、体節前駆細胞および外胚葉由来組織の細胞は、培養環境下でも生体内と同様の挙動を示し、遺伝子B～Fは他の遺伝子と協調して遺伝子Mの発現を制御することはないものとする。

表 2

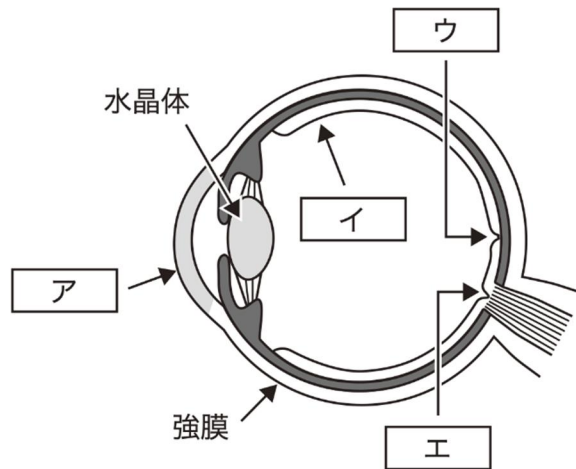
	培養時間	遺伝子					
		B	C	D	E	F	M (筋細胞にのみ発現)
体節前駆細胞	1 時間	10	5	35	<5	<5	<5
外胚葉由来組織	1 時間	15	<5	5	15	<5	<5
共培養	1 時間	15	20	30	25	<5	30
共培養	3 時間	10	45	45	10	30	80

注) 「<5」は発現量が非常に低いか、検出限界以下であることを示す。

- (1) 遺伝子B～Fのうち、myoDの遺伝子として最も適切なものを1つ選び、記号で答えなさい。
- (2) 体節前駆細胞と外胚葉由来組織を共培養すると遺伝子Mの発現が上昇するのはなぜか、50字以内で説明しなさい。

(3) 突然変異により，myoD が核内に移行できなくなったと仮定する。
 このとき，共培養における遺伝子 M の発現はどのように変化すると考えられるか，理由とともに解答欄の「myoD が」に続けて 40 字以内で答えなさい。

4) 下線部(d)に関して，図はヒトの眼の水平断面を示したものである。



図

- (1) 図の **ア** ～ **エ** に当てはまる名称を答えなさい。
- (2) 哺乳類では，毛様筋やチン小帯のはたらきにより水晶体の厚さが変化することで，焦点の位置が調節されている。あなたが前方の黒板から手元の答案に視線を移したときの毛様筋，チン小帯，水晶体，焦点距離の状態について，解答欄の項目ごとに適切な状態を選び，丸で囲みなさい。
- (3) 何らかの原因で水晶体の弾力性が失われた場合，遠近調節にどのような影響が現れるか，「結像位置」（ピントが合う場所）という語句を用いて 55 字以内で答えなさい。なお，「結像位置」は繰り返し使用してかまわない。

問 2

スウェーデンの生物学者 **A** は、世界共通の生物名である **B** の様式を確立した。**B** には世界共通の規則が存在し、例えば動物の **B** の命名方法は『国際動物命名規約』によって厳密に定められている。生物の種の **B** の後には命名者名と命名年が併記される場合もある。図 1 のように、生物の分類では、近縁な種の集まりである **C** という階級が設けられている。そして、近縁な **C** をまとめた階級として科が設けられている。さらに上位の階級として **D** ・ **E** ・ 門 ・ **F** が設けられていて、最上位にドメインがある。

A の弟子であるファブリチウス (Fabricius) は、1 万近い新種を命名したことで知られており、特に^(a)昆虫の新種を多く命名した。日本に分布する昆虫にもファブリチウスによって命名された種は少なくない。例えば、水田や池などに生息する^(b)ハイイロゲンゴロウ (図 2) の **B** は *Eretes griseus* (Fabricius, 1781) であり、ファブリチウスによって 1781 年に命名されたものである。

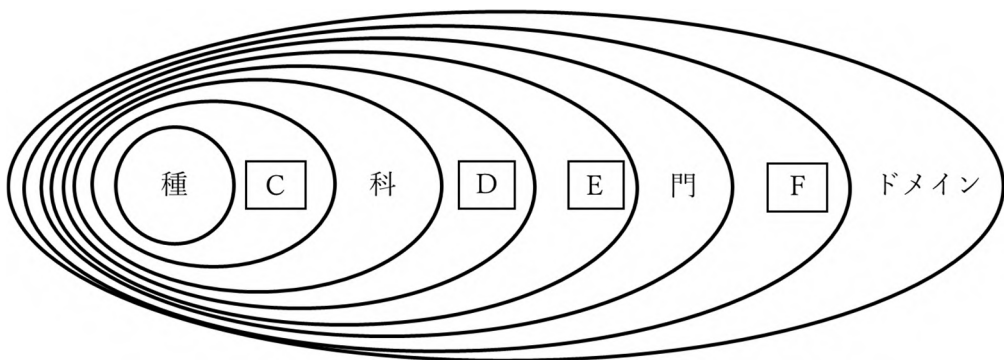


図 1 生物の分類の階層

4) 下線部(b)で示したハイイロゲンゴロウと同じ科に分類される種 G は、東北地方のある池において、個体数が減少傾向にある。その理由として、この池に生息する外来生物の影響が考えられた。

(1) 日本の淡水域に生息する国外からの外来生物を次のア～キから4つ選び記号で答えなさい。

- | | |
|---------------|------------|
| ア) ブルーギル | イ) オオクチバス |
| ウ) カスミサンショウウオ | エ) ニホンザリガニ |
| オ) ウチダザリガニ | カ) モリアオガエル |
| キ) ウシガエル | |

(2) 外来生物についての説明として正しい文を次のア～カからすべて選び記号で答えなさい。

- ア) 外来生物に捕食されることによって日本の在来生物が減少することがある。
- イ) 海外の生物が日本に定着するのと同様に、日本の在来生物が海外に定着して外来種問題を引き起こしている。
- ウ) 外来生物が繁殖しても在来生物との雑種が生まれることはない。
- エ) 本州で採集された生物を北海道の森へ運んで放すことによって、外来種問題が生じる可能性がある。
- オ) 奄美大島などの島では、生物種の絶滅の危険性が高いため、外来生物であっても保全しなければならないことが法律で定められている。
- カ) 外来の植物と在来の植物の間で競争が起こることはない。

5) ある池に生息している種 G の個体数を推定するため、標識再捕法による実験を行った。この池で水中用捕虫網による捕獲を試みたところ、種 G が 28 個体採集された。そこで、捕獲した種 G の全個体の前翅にグラインダー（物の表面を削る道具）で標識を刻み放流した。そして 3 日後の同じ時刻に同じ場所で同じ方法を用いて再捕獲を行った。その結果、再捕獲された種 G の標識個体は 7 個体、非標識個体は 14 個体であった。なお、この池では標識再捕法を行うための前提が整っている。

(1) 上記の実験において、正確に種 G の総個体数を推定するために必要と考えられる条件を、「標識」と「行動」という語句を用いて 30 字以内で答えなさい。なお、これらの語句は繰り返し使用してもかまわない。

(2) 上記の実験において、期間を空けて 3 日後に再捕獲を行った理由を 25 字以内で答えなさい。

(3) 捕獲実験の結果から、標識再捕法の計算式にもとづいて、この池に生息する種 G の総個体数を推定しなさい。

(このページは空白です。)

問題 5 (数 学)

次の問 1, 問 2 の 1), 問 3 の 1) は解答欄に答えのみを書きなさい。問 2 の 2) および問 3 の 2) は設問の指示に従って計算の過程等も書きなさい。

問 1

- 1) $\frac{6^{10}}{9^5}$ の値を整数で求めなさい。
- 2) x を 1 より大きい整数とするとき, $\log_x 4 + \log_x 16 > 2$ を満たす最大の整数 x を求めなさい。
- 3) 複素数平面上において複素数 $2\sqrt{2} + \sqrt{2}i$ が表す点を, 原点を中心に $\frac{\pi}{4}$ だけ回転した点として表される複素数を $m + ni$ とする。 m と n を整数で求めなさい。ただし, i は虚数単位とする。

問 2

点 M は数直線上を、原点を出発点として、次のように移動する(図 1)。硬貨を 1 枚投げて、表ならば点 M は正の向きに 1 だけ進み、裏ならば点 M は負の向きに 1 だけ進む。このように硬貨を 1 枚投げて同様に移動することを合計 n 回行う。 n は正の整数である。ただし、各回の硬貨を投げる試行は互いに独立であり、表の出る確率、裏の出る確率はそれぞれ $\frac{1}{2}$ とする。

x を整数とし、「 n 回目の移動を終えたときの点 M の座標が x である」事象が起こる確率を $P_n(x)$ とする。また、「 n 回の移動の間に少なくとも 1 回は点 M が原点に戻り、かつ、 n 回目の移動を終えたときの点 M の座標が x である」事象が起こる確率を $Q_n(x)$ とする。

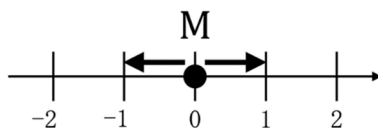


図 1

1)

- (1) $P_1(0) = 0$ である。 $P_1(1)$ の値を求めなさい。
- (2) $Q_2(1) = 0$ である。 $Q_2(0)$ の値を求めなさい。
- (3) $P_n(n)$ を n の式で表しなさい。
- (4) $P_n(n-1) = 0$ である。 $P_n(n-2)$ を n の式で表しなさい。

2)

- (1) $n \geq 2$ のとき、 $Q_n(n-2)$ を n の式で表し、それを導く過程も説明しなさい。
- (2) $n \geq 4$ のとき、「 n 回の移動の間に少なくとも 1 回は点 M が原点に戻り、かつ、 n 回目の移動を終えたときの点 M の座標が $n-4$ であるかまたはそれより大きい」事象が起こる確率を n の式で表し、それを導く過程も説明しなさい。

(問題 5 (数学) は次ページに続く。)

問 3

互いに直交する x 軸と y 軸で定まる座標平面上において、関数 $f(x)$ に対し、曲線 $C: y = f(x)$ を考える。

1) $f(x) = 9x^2 + 1$ とする。 n を正の整数とし、曲線 C 上において、 $x = 0$ である点を P_1 、 $x = \frac{1}{3n}$ である点を P_2 、 $x = \frac{2}{3n}$ である点を P_3 とする。また、 x 軸上において、 $x = \frac{1}{3n}$ である点を X_1 、 $x = \frac{2}{3n}$ である点を X_2 、 $x = \frac{1}{n}$ である点を X_3 とする。原点を O とする。

- (1) 点 P_1 の y 座標の値は 1 である。点 P_2 と点 P_3 の y 座標の値をそれぞれ n の式で表しなさい。
- (2) 曲線 C 、 $x = 0$ 、 $y = 0$ 、 $x = \frac{1}{n}$ で囲まれる図形の面積を A_n とする。 $A_n \times n^3$ を n の多項式で表しなさい。
- (3) 線分 OX_1 と線分 OP_1 を 2 辺として定まる長方形、線分 X_1X_2 と線分 X_1P_2 を 2 辺として定まる長方形、線分 X_2X_3 と線分 X_2P_3 を 2 辺として定まる長方形を考える。これらの長方形の面積の総和を B_n とする。 $B_n \times n^3$ を n の多項式で表しなさい。
- (4) $A_n - B_n \leq \frac{1}{48}$ となる最小の整数 n を求めなさい。

2) $m > 1$ である整数 m に対して、 $f(x) = \log_m x$ とする。
曲線 C 、 $x = 1$ 、 $y = 0$ 、 $x = m^3$ で囲まれる図形の面積を S_m とする。

- (1) $m = 2$ のとき、不等式

$$\sum_{k=1}^3 (k-1)(2^k - 2^{k-1}) < S_2$$

が成立する。その理由を説明しなさい。

- (2) 不等式 $42 < S_m < 68$ を満たす整数 m の値を全て求め、それを導く過程も説明しなさい。