

令和 8 年度  
石川県立大学 後期日程

入学者選抜学力検査

理科

(問題冊子)

令和 8 年 3 月 12 日 (木)

10 : 00 ~ 11 : 30 (90 分間)

注 意 事 項

1. 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。
2. この問題冊子は、表紙を入れて 28 枚あります。解答冊子は、表紙を入れて 29 枚あります。
3. 試験中に、問題冊子や解答冊子の印刷不鮮明、ページの乱丁・落丁、解答冊子の汚れなどに気づいた場合は、静かに手を挙げて監督者に知らせてください。
4. 解答は、必ず黒鉛筆（シャープペンシルも可）で、解答冊子のそれぞれの解答欄に記入してください。
5. 監督者の指示に従って、解答冊子の表紙に、受験番号、氏名を正しく記入してください。整理番号欄と得点欄には、何も記入しないでください。
6. 本冊子の中には、生物基礎・生物、化学基礎・化学、物理基礎・物理の 3 科目の問題があります。それらの中から 1 科目を選択し、解答冊子表紙の所定欄に選択した科目名を、忘れずに記入してください。選択した科目以外の科目は採点の対象となりませんので、注意してください。
7. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。ただし、問題をコピーし不特定多数に配布する、インターネット上に公開するなどの行為は著作権侵害になる恐れがありますのでご注意ください。

## 生物基礎・生物

問題 1 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

(配点 50 点)

生物がもつ遺伝情報がはたらくための過程を発現という。発現は、DNA の塩基配列が RNA の塩基配列へと写し取られる転写と、RNA の塩基配列がタンパク質のアミノ酸配列へと置き換えられる翻訳を経ておこなわれる。生物学者のクリックは、①遺伝情報は「DNA→RNA→タンパク質」と一方向に流れると予想し、その概念を（ア）と名づけた。真核生物の場合、転写された RNA 配列の一部が取り除かれ、翻訳に用いられない場合がある。この場合、②（イ）領域が取り除かれると同時に（ウ）領域がつなぎ合わされて（エ）が完成し、翻訳に用いられる。翻訳では、細胞質の（オ）とよばれる構造体で（エ）の塩基配列をもとにアミノ酸が連結される。

RNA を構成するヌクレオチドの種類よりも、タンパク質を構成するアミノ酸の種類の方が多いので、ヌクレオチドは1つではアミノ酸を指定しきれない。そこで生物は、③3つのヌクレオチドからなるコドンを用いて1つのアミノ酸を指定している。翻訳は④AUG の開始コドンから始まり、UAA などの終止コドンが現れるまでペプチド鎖の伸長が続く。

- (1) 文章中の（ア）～（オ）に入る適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部①に関して、現在ではこの遺伝情報の流れとは逆向きの流れを起こす反応が知られている。その名称と、具体的な反応を答えよ。
- (3) 下線部②に関して、この過程の名称と、おこなわれる細胞小器官を答えよ。
- (4) 下線部③に関して、以下の a) ～ d) から正しいものをすべて選び、記号で答えよ。
  - a) アミノ酸を指定しているコドンの数は 64 個である。
  - b) アミノ酸を 1 つ決めると対応するコドンが必ず 1 つ決まる。
  - c) コドンを 1 つ決めると対応するアミノ酸が必ず 1 つ決まる。
  - d) コドンの 3 番目の塩基が変わっても対応するアミノ酸が変わらないことがある。

(5) 下線部④に関して、以下の問に答えよ。

- (i) コドンとアミノ酸を結びつけるはたらきをする RNA の名称を答えよ。
- (ii) (i) の RNA において、コドンと相補的な塩基対を形成する配列の名称を答えよ。
- (iii) (i) の RNA が AUG からなるコドンと相補的な塩基対を形成する場合、(ii) の塩基配列を記せ。ただし、5' 末端側を左側に記すこと。
- (iv) (i) の RNA はタンパク質に翻訳されず、RNA が最終産物としてはたらく。このように最終産物としてはたらく RNA の名称を、(i) 以外で1つ答えよ。

(6) ある植物の遺伝子の発現調節を調べるために、以下の実験をおこなった。調べたい遺伝子の転写調節領域またはプロモーターと予想された領域 A～D を PCR (ポリメラーゼ連鎖反応) で増幅させ、図1のようにさまざまな組み合わせで緑色蛍光タンパク質 (GFP) の遺伝子に連結した。次に、それらをそれぞれ植物に導入した。得られたトランスジェニック植物の根と葉において、それぞれ GFP の蛍光量を測定したところ、図1に示す結果が得られた。

導入した遺伝子	GFPの蛍光量 (注)	
	根	葉
— [A] — [B] — [C] — [D] — [GFP] —	100	10
— [B] — [C] — [D] — [GFP] —	10	10
— [C] — [D] — [GFP] —	50	50
— [D] — [GFP] —	1	1
— [C] — [GFP] —	0	0

図1 導入した遺伝子と、根と葉における GFP の蛍光量

注：GFP の蛍光量は、領域 D のみを GFP と連結して導入した植物の根と葉における蛍光量をそれぞれ 1 とした相対値で示す。

この実験結果をもとに、以下の問に答えよ。ただし、測定された GFP の蛍光量は発現量に比例するものとし、この遺伝子においてそれぞれの転写調節領域、プロモーター、転写される遺伝子領域の相対的な位置関係を変化させても発現量には影響を及ぼさないものとする。

- (i) 領域 A～D が根におけるこの遺伝子の発現におよぼす役割について、最も適切と考えられるものを以下の a) ～ d) からそれぞれ 1 つ選び、記号で答えよ。ただし、同じ記号を繰り返し選んでもよい。
- a) 発現を促進する。  
 b) 発現を抑制する。  
 c) 基本転写因子と結合し、転写ができるようにする。  
 d) 発現に影響を及ぼさない。
- (ii) 根と葉において GFP の蛍光量の結果に違いがあったことについて、転写調節に関連するタンパク質の発現量に着目して理由を 2 つ考察し、それぞれ説明せよ。
- (iii) 以下の図 2 に示す組み合わせで領域を連結した遺伝子を同様の方法で植物に導入し、GFP の蛍光量を測定した場合、根と葉での蛍光量はそれぞれの範囲になると予想されるか、以下の a) ～ d) から 1 つ選び、記号で答えよ。ただし、蛍光量の単位は、図 1 と同じ相対値とする。また、同じ記号を繰り返し選んでもよい。

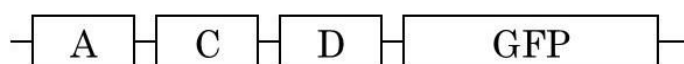


図 2 導入した遺伝子

- a) 100 以上    b) 10 以上 100 未満    c) 1 以上 10 未満    d) 1 未満

## 生物基礎・生物

問題 2 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

(配点 50 点)

種子植物の基本的な器官は、葉と茎と根の 3 種類である。また、それぞれの器官は、動物と同様に様々な組織が集まって構成されている。これらの組織は、器官にかかわらず、(ア)系、(イ)系、(ウ)系の 3 つの組織系により構成される。(ア)系は、器官と外界と接する部分を覆う形で存在し、器官内部の保護や外界との物質のやり取りにかかわる組織である。(イ)系は、根から吸収した水を通す道管や光合成によってつくられた有機物の通り道となる師管などの組織により構成される。①道管が存在する部位を(エ)、師管が存在する部位を(オ)という。(ウ)系は(ア)系および(イ)系を除く部分で、②光合成をおこなう組織や③栄養分を蓄える組織などである。

葉と茎は茎の頂端にある(カ)組織からつくられ、条件がととのうと葉で作られた花成ホルモン(フロリゲン)が(カ)組織に作用し、④花が形成される。根は根の先端の(キ)組織からつくられる。

双子葉植物には、茎や根の内部に(ク)とよばれる組織があり、ここで細胞が増えることによって、茎や根が太くなる。一方、単子葉植物は(ク)をもたない。

- (1) 文章中の(ア)～(ク)に入る最も適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部①に関して、サザンカの葉の横断面における(エ)および(オ)に該当する部分を図 1 の A～E からそれぞれ選び、記号で答えよ。

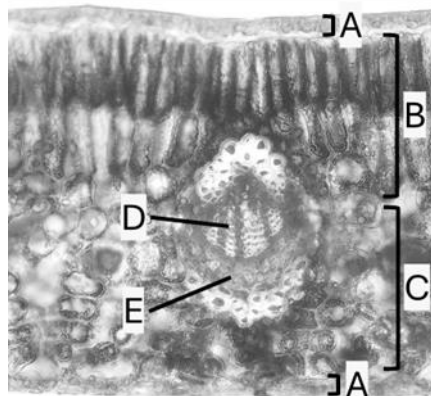


図 1 サザンカの葉の横断面

- (3) 下線部②に関して、サザンカの葉の横断面における光合成をおこなっている組織を図1のA～Eからすべて選び、答えよ。
- (4) 下線部③に関して、栄養分を蓄える組織としてジャガイモにおけるイモ（塊茎）の（ウ）系組織がある。ジャガイモの塊茎は土中の茎（地下茎）の先端が肥大化して形成される。ジャガイモの塊茎形成に関する以下の実験をおこなった。

#### 【実験1】

試験管培養のジャガイモ苗（遺伝子導入していないもの、非形質転換体）を土に移植し、長日条件（16時間明期／8時間暗期）、または短日条件（8時間明期／16時間暗期）で栽培したところ、長日条件では移植して6週間後に、短日条件では移植して4週間後に地下茎の先端に塊茎の形成が観察された。

#### 【実験2】

ジャガイモの遺伝子 X と塊茎形成との関係性を調べるために、試験管培養のジャガイモ苗（非形質転換体）、および RNA 干渉（RNAi）により遺伝子 X の発現を抑制した遺伝子組換えジャガイモ苗（遺伝子 X 発現抑制形質転換体）を土に移植し、実験1と同様の長日条件で、または短日条件で栽培した。長日条件で栽培したものは移植して8週間後に、短日条件で栽培したものは移植して6週間後に塊茎の有無を調査したところ、表1に示す結果となった。

表1

ジャガイモの種類	栽培条件	塊茎の有無
非形質転換体	長日条件 8週間	あり
	短日条件 6週間	あり
遺伝子 X 発現抑制形質転換体	長日条件 8週間	なし
	短日条件 6週間	なし

#### 【実験3】

ジャガイモ苗（非形質転換体）、遺伝子 X を過剰発現（本来の遺伝子 X の発現量よりも強く発現）した遺伝子 X 組換えジャガイモ苗（遺伝子 X 過剰発現体）、および改変型遺伝子 X（アミノ酸配列が2か所、もとの遺伝子 X 産物と異なる）を過剰発現した遺伝子組換えジャガイモ苗（改変型遺伝子 X 過剰発現体）を、それぞれ100個体、実験1と同様の長日条件で3週間栽培した。そして、塊茎が形成されている個体数を調査したところ、次ページの表2に示す結果となった。なお、遺伝子 X 過剰発現体および改変型遺伝子

X 過剰発現体において、それぞれの導入遺伝子は同程度に発現していた。

表 2

ジャガイモの種類	塊茎が形成されていた個体数
非形質転換体	0
遺伝子 X 過剰発現体	80
改変型遺伝子 X 過剰発現体	24

以下の問に答えよ。

- (i) 実験 1 の結果から、ジャガイモの塊茎形成を促進する日長条件を答えよ。
- (ii) 実験 2 および実験 3 の結果から、遺伝子 X はジャガイモの塊茎形成において、どのようなはたらきをしていると考えられるか答えよ。
- (iii) 実験 3 の結果において、遺伝子 X 過剰発現体と改変型遺伝子 X 過剰発現体で、塊茎が形成されていた個体数に違いがあった理由を答えよ。
- (5) 下線部④に関して、花はがく片、花弁、おしべ、めしべの 4 種類の器官によって構成されている。これらは 3 クラスの遺伝子 (A クラス、B クラス、C クラス) が花芽に作用することにより形成される。それぞれの遺伝子クラスが欠損したシロイヌナズナの花のつくりは、以下の表 3 のようになった。

表 3

欠損した遺伝子クラス	形成する器官
A	おしべ、めしべ
B	がく片、めしべ
C	がく片、花弁

以下の問に答えよ。

- (i) 表 3 の結果をもとに、それぞれの器官の形成に必要な遺伝子クラスを答えよ。
- (ii) C クラスの遺伝子欠損株はがく片と花弁が繰り返し形成される八重咲の形態を示す。このことから、C クラスの遺伝子は、花の形態形成以外にどのようなはたらきをもつと考えられるか答えよ。

## 生物基礎・生物

問題3 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

(配点 50 点)

生物は、細胞内に取り入れた物質を材料として新たな物質を合成したり、分解したりして代謝をおこなっている。その過程で、特に有機物を分解する（ア）という反応によって放出されるエネルギーを利用する。多くの生物は、酸素がないところでは生活できないが、酸素がなくても（ア）反応をおこなうことで生活できる微生物がいる。パンや酒類の製造に用いられる酵母菌は、酸素がある条件で（イ）をおこなうが、酸素がない条件ではグルコースを基質に①アルコール発酵をおこなうことでエネルギーを得る。またヨーグルトやチーズの発酵などに利用される乳酸菌は、酸素がない条件で、グルコースから解糖系によりつくられた（ウ）を経て乳酸にまで分解する②乳酸発酵をおこなう過程で放出されるエネルギーを利用する。

このように、酵母菌と乳酸菌は、どちらも酸素がない条件下において、発酵によりエネルギーを獲得する微生物であり、このような特徴から食品の加工に広く利用されている。これらを生物学的に分類すると、（エ）である。

- (1) 文章中の（ア）～（ウ）に入る最も適切な語句を答えよ。
- (2) 文章中の（エ）にあてはまる文章として適切なものを次の a) ～ d) から選んで記号で答えよ。
  - a) とともに原核生物
  - b) 酵母菌は原核生物、乳酸菌は真核生物
  - c) 酵母菌は真核生物、乳酸菌は原核生物
  - d) とともに真核生物
- (3) 下線部①に関して、グルコースを起点とするアルコール発酵の反応式を、生産されるエネルギーの分子数を含めて答えよ。

- (4) 下線部②に関して、乳酸菌による以下の実験をおこなった。以下の (i) ~ (iv) の間に答えよ。

【実験 1】

乳酸菌を以下の濃度のグルコース水溶液に懸濁し、温度 37 °C で乳酸発酵をおこない、6 時間後の乳酸濃度を測定した結果を表 1 に示した。

表 1

グルコース濃度 (%)	6 時間後の乳酸濃度 (%)
0.5	0.3
1.0	0.6
2.0	1.2
5.0	2.5
10.0	3.8
15.0	4.0
20.0	3.9

【実験 2】

乳酸菌を 5.0 % のグルコース水溶液に懸濁し、温度 37 °C で乳酸発酵をおこない、時間経過ごとの発酵液中の pH と乳酸菌数を計測した結果を表 2 に示した。

表 2

時間	pH	乳酸菌数 (相対値)
0	6.5	1
3	5.8	2.5
6	5.0	5.0
9	4.5	7.0
12	4.2	7.2
15	4.0	7.2

- (i) 実験 1 の結果から、グルコース濃度と 6 時間後の乳酸の濃度にはどのような関係があるかを簡潔に述べよ。
- (ii) 実験 2 の結果から、時間の経過による pH の変化と乳酸菌数の変化には、それぞれどのような傾向がみられるかを簡潔に述べよ。

- (iii) 実験 2 が終了後、この発酵液中に pH 調整剤を加えて発酵液中の pH を中性付近にまで調整して発酵を続けると、再び乳酸菌数の増加が認められた。これらの結果から、実験 2 では時間経過とともにどのように乳酸発酵が進行したと考えられるか、乳酸菌の増殖と発酵液の pH の変化の観点から説明せよ。
- (iv) 乳酸菌による乳酸の生成を効率よく持続させるための条件管理としてこれまでの実験結果より考えられる最も適切なものを、次の a) ~ d) から 1 つ選んで記号で答えよ。
- a) 発酵液中のグルコース濃度を限りなく高く保つように管理する。
  - b) 発酵中の温度を必要に応じて上下させるように管理する。
  - c) 発酵液の pH が低下しすぎないように管理する。
  - d) 酸素が十分に供給できるように管理する。

## 生物基礎・生物

問題 4 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

(配点 50 点)

ツキノワグマ (① *Ursus thibetanus*) は、植物の葉や果実、昆虫類などを食べる雑食性の大型哺乳類であり、日本国内では本州と四国に分布している。近年、本州においてツキノワグマが人里に出没する事例が増加しており、大きな社会問題となっている。特に、冬眠前の重要な餌資源であるブナやミズナラなどの堅果類 (いわゆるドングリ) が凶作の年には、出没件数が増加する傾向が知られている。しかし、堅果類の豊凶は昔から存在する自然現象であり、それだけでは近年の出没増加を十分に説明することはできない。近年のツキノワグマの出没増加には、中山間地域の過疎化、②里山の管理放棄、③ナラ枯れの拡大、そしてツキノワグマの個体数増加など、複数の要因が複雑に関与していると考えられている。一方で、四国のツキノワグマ個体群は、④個体群密度の低下によって危機的な状況にある。⑤現状を放置すれば近い将来に絶滅する可能性が極めて高いと考えられることから、早急な保全対策が求められている。

- (1) 下線部①は二名法に従って表記されたツキノワグマの学名である。学名の前半部分 (*Ursus*) と後半部分 (*thibetanus*) を指す用語をそれぞれ答えよ。
- (2) 下線部②が生物多様性に及ぼす影響について説明した以下の文章 a) ~ e) のうち、正しいものには○、間違っているものには×で答えよ。
- a) 管理放棄によって植生遷移が進み、かつてみられた動植物が減少する。
  - b) 管理放棄によって里山の植生は回復し、生物多様性が増加する。
  - c) 管理放棄された雑木林の林床は暗くなり、一定以上の日射量を必要とする草本植物が減少する。
  - d) 管理放棄によって森林が減少し、草食動物の個体数が減少する。
  - e) 管理放棄された水田では、水生生物の多様性が減少する。

- (3) 下線部③はカシノナガキクイムシという昆虫がナラ科樹木に穿入（幹に穴を開けながら入り込むこと）する際に、樹木内にナラ菌を持ち込むことで生じる。この昆虫に穿入されやすい樹木の特徴を把握するため、ある地域に生育する全 416 本のミズナラを調査し、幹の直径と穿入痕の有無を記録した。図はその結果を示したものである。以下の文章 a) ~ f) のうち、図から読み取れる内容として正しいものをすべて選び記号で答えよ。

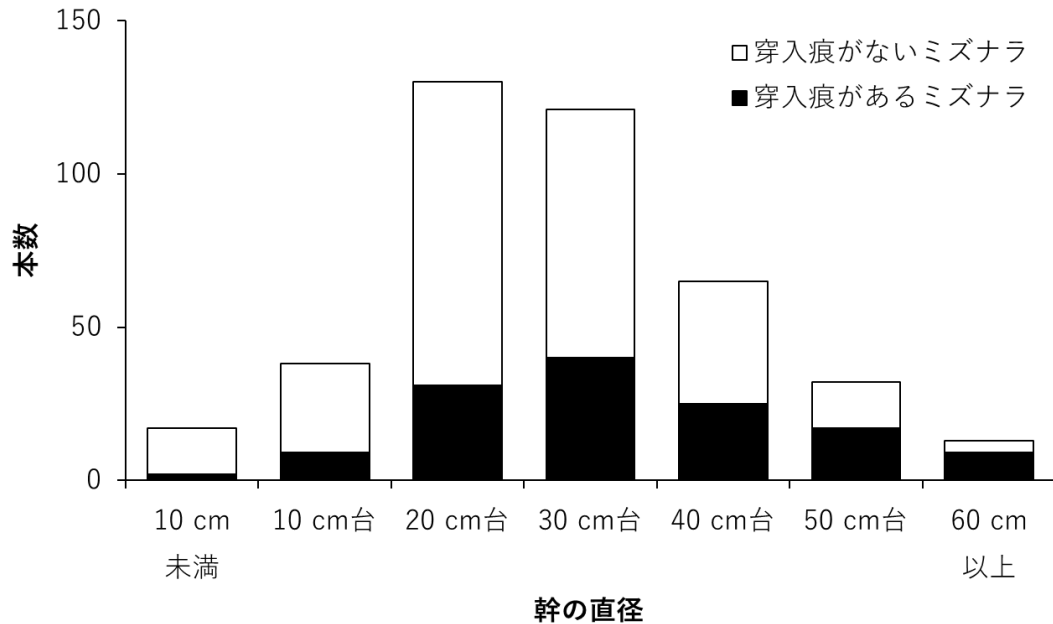


図 ミズナラの幹の直径とカシノナガキクイムシによる穿入痕の有無

- a) 太いミズナラは伐採されて木材として利用されるため本数が少ない。  
 b) この地域には、直径 20 cm 台のミズナラが最も多く生育している。  
 c) 直径が細いミズナラは幹が硬いため穿入されにくい。  
 d) 直径が太いミズナラほど穿入痕がある頻度が高い。  
 e) 穿入痕があるミズナラの本数は、直径 30 cm 台で最も多い。  
 f) カシノナガキクイムシは穿入するミズナラを直径では選択していない。

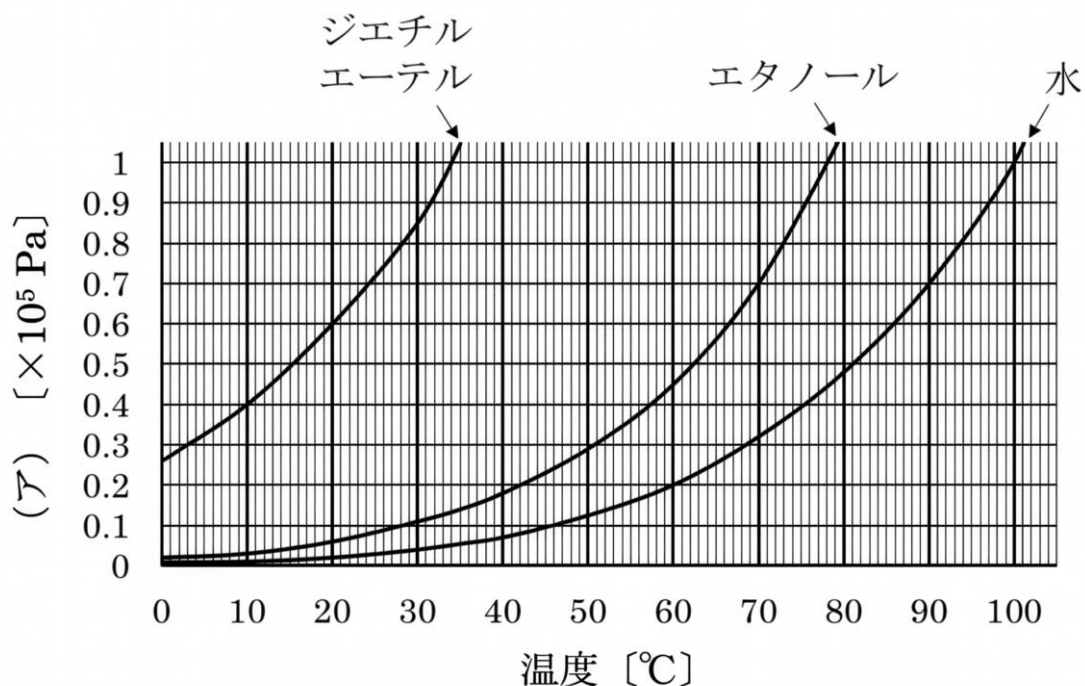
- (4) 下線部④を推定する方法の1つに標識再捕法がある。例えば面積  $560 \text{ km}^2$  の森林に生息する架空のツキノワグマ個体群において、15 頭を捕獲し片耳に耳標を装着した後に放獣した。1 か月後に 37 頭を捕獲したところ、3 個体に耳標が装着されていた。調査期間内に出産や死亡、他個体群との移出入がなく、標識個体と未標識個体は均一に混ざっていたと仮定し、以下の間に答えよ。
- (i) この個体群におけるツキノワグマの個体群密度を推定し、計算過程を含めて答えよ。なお、計算結果は小数点第二位まで記載せよ。
  - (ii) もしも、1 か月後の再捕獲までの期間に、何個体かの耳標が脱落してしまっていたとしたら、(i) の推定値にどのような影響を及ぼすと考えられるか、簡潔に説明せよ。
  - (iii) 個体群密度の推定方法には標識再捕法のほかに区画法があるが、区画法をツキノワグマに用いることは適切ではないと考えられる。区画法が利用可能な生物の特徴を踏まえて、その理由を説明せよ。
- (5) 下線部⑤の理由を説明した下記の文章 a) ~ d) のうち、間違っているものを1つ記号で選び、正しい文章に修正せよ。
- a) 個体数が少ない個体群では、血縁の近い個体同士の交配が起きやすく、有害な潜性遺伝子をホモ接合体でもつ個体が出現しやすくなる。
  - b) 個体数が少ない個体群では、性比が雌雄のどちらかに偏りやすくなり、繁殖率が低下する。
  - c) 個体数が少ない個体群では、配偶者をめぐる争いが激しくなり、繁殖率が低下する。
  - d) 個体数が少ない個体群では、遺伝的多様性が低下しているため、環境変化が生じた際に、個体群が消滅しやすくなる。

## 化学基礎・化学

**問題 1** 次の文章を読み、以下の問に答えよ。ただし、原子量は  $H=1.0$ 、 $O=16$ 、気体定数  $R=8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$  とする。なお、計算を含む問の解答は計算過程を明示し、有効数字は 2 桁とせよ。

(配点 50 点)

一定温度の密閉した容器の中に液体を入れて放置すると液面で蒸発が起こり、やがて単位時間当たりに蒸発する分子数と、凝縮する分子数が等しくなる。この状態を気液平衡とよび、このとき蒸発により発生した気体が生ずる圧力を (ア) とよぶ。次の図に示すように、一般に (ア) は温度が高くなるほど (イ) くなり、この関係を示すグラフを (ウ) とよぶ。液面を押している圧力と (ア) が等しくなったとき、液面だけでなく内部からも蒸気が泡となって発生し、蒸発が盛んに起こる。この現象を沸騰とよび、沸騰が起こる温度を沸点とよぶ。



図

- (1) 文中の空欄 (ア) ~ (ウ) にあてはまる最も適切な語句を答えよ。
- (2)  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $5.0 \times 10^4 \text{ Pa}$  で平衡状態にあるとき、ジエチルエーテル、エタノール、水はそれぞれ主にどのような状態で存在するか。解答欄の語句を○で囲んで答えよ。

- (3) ジエチルエーテル、エタノール、水のうち、分子間力が最も大きいのはどの液体か。解答欄の語句を○で囲んで答えよ。
- (4) ある圧力でエタノールが  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  で沸騰した。同じ圧力で水の沸点 [ $^{\circ}\text{C}$ ] を答えよ。
- (5) 密閉した容器の中がエタノール分子のみで満たされており気液平衡の状態にある。密閉を保ったまま容器の容積を 2 倍に増加させて放置したところ、再び気液平衡の状態に達した。この操作により容器内の状態はどのようになるか、次の A~F の文のうちから正しいものを一つ選び、解答欄の記号を○で囲んで答えよ。ただし、容積変化の前後で容器内を同じ温度に保つものとする。
- A 液体の体積は変化せず、(ア) は 2 倍になる。
  - B 液体の体積は変化せず、(ア) も変化しない。
  - C 液体の体積は増加し、(ア) は 2 分の 1 になる。
  - D 液体の体積は増加し、(ア) は変化しない。
  - E 液体の体積は減少し、(ア) は 2 分の 1 になる。
  - F 液体の体積は減少し、(ア) は変化しない。
- (6) 容積  $1.00\text{ L}$  の密閉した容器の中に水  $0.18\text{ g}$  を入れて平衡状態にし、温度を  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  に保った。図を参考にして、以下の問 (a)、(b) に答えよ。ただし、容器内は水分子のみで満たされているものとする。
- (a) この時の容器内の圧力 [Pa] を求めよ。
- (b) 容器を密閉したまま容積を 4 倍に増加させたのちに平衡状態に達した時の容器内の圧力 [Pa] を求めよ。ただし、容器内の温度を実験中、常に  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  に保つものとする。

## 化学基礎・化学

**問題 2** 次の文章を読み、以下の問に答えよ。ただし、原子量は  $H = 1.0$ 、 $Mg = 24$ 、 $Al = 27$ 、 $Cl = 35.5$ 、気体定数  $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$  とする。なお、計算を含む問の解答は計算過程を明示し、有効数字は 2 桁とせよ。

(配点 50 点)

マグネシウム  $Mg$  とアルミニウム  $Al$  からなる合金の組成を調べるため、 $27^\circ\text{C}$ 、大気圧  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  のもとで、次の操作①～⑥からなる実験をおこなった。なお、合金中の各金属はそれぞれ独立して塩酸と反応し、発生した気体は理想気体として振る舞うものとする。また、水蒸気圧は無視できるものとする。

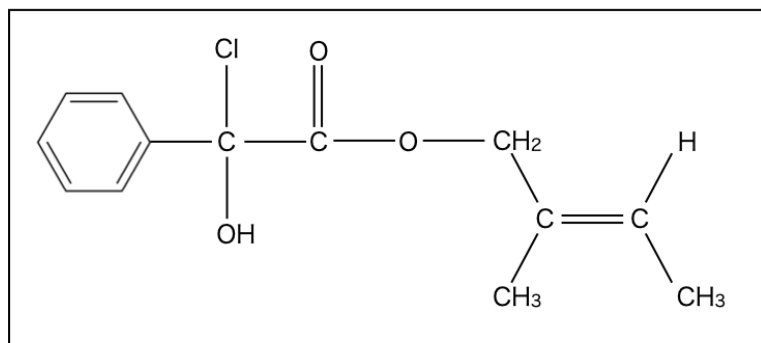
- ① 濃度未知の塩酸を 100 mL コニカルビーカー 5 個に 50 mL ずつ入れた。
- ② 合金の粉末を 0.10 g、0.20 g、0.30 g、0.40 g、0.50 g はかりとった。
- ③ 操作①のコニカルビーカーそれぞれに、操作②ではかりとった合金を加えて完全に反応させた。
- ④ コニカルビーカー内で発生した気体を水上置換法によりメスシリンダー内に捕集した。
- ⑤ メスシリンダー内の液面を水槽の水面と一致させた後、気体の体積 [mL] を記録した。
- ⑥ 実験結果を下の表としてまとめた。

測定番号	合金の質量 $w$ [g]	気体の体積 $V$ [mL]
1	0.10	124.5
2	0.20	249.0
3	0.30	373.5
4	0.40	448.2
5	0.50	448.2

- (1) Mg または Al と塩酸が反応し、気体が発生する際の化学反応式をそれぞれ記せ。
- (2) 操作⑤で、下線部の操作をおこなう理由を説明せよ。
- (3) 測定番号 1 の結果から、この合金に含まれる Mg と Al の質量パーセント [%] をそれぞれ求めよ。
- (4) 測定番号 1～5 の結果から、合金の質量  $w$  [g] と発生した気体の体積  $V$  [mL] の関係を示すグラフを作成せよ。なお、グラフの作成では、横軸と縦軸の目盛りに合う適切な数値を記入し、各測定データを ● でプロットせよ。
- (5) (4)のグラフから、塩酸がすべて反応するときの合金の最小量 [g] を求めよ。
- (6) この実験に使用した塩酸のモル濃度 [mol/L] を求めよ。

## 化学基礎・化学

**問題 3** 次の文章を読み、以下の間に答えよ。ただし、原子量は  $H=1.0$ 、 $C=12$ 、 $O=16$  とする。なお、計算を含む問の解答は計算過程を明示し、有効数字は 2 桁とせよ。構造式は以下の例に従って答えよ。



(配点 50 点)

図 1 に示す通り、アセチレン (エチン)  $C_2H_2$  を原料にして①エタノールやフェノールを製造することができる。アセチレンは硫酸水銀を触媒とする (ア) 反応により化合物 A を生じる。その後、化合物 A をニッケルなどの触媒を用いて水素で (イ) することで、エタノールが生成する。

アセチレンを鉄触媒の存在下において高温処理することで (ウ) し、ベンゼンが生じる。得られたベンゼンを塩素と鉄触媒の存在下で反応させると、(エ) 反応により化合物 B が得られる。次に化合物 B を高温・高圧条件下で水酸化ナトリウム水溶液と反応させることでナトリウムフェノキシドが生じる。②ナトリウムフェノキシド水溶液に二酸化炭素  $CO_2$  を通じることでフェノールが (オ) する。

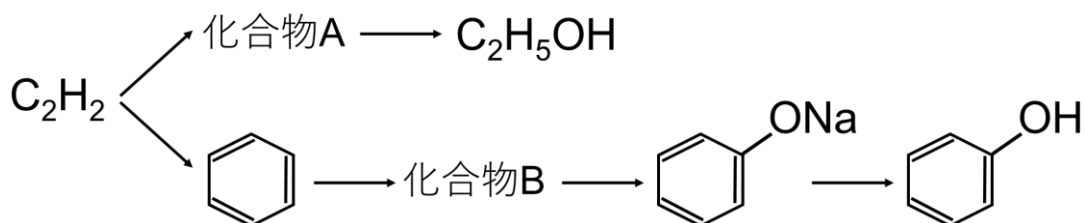


図 1

- (1) 文中の空欄（ア）～（オ）にあてはまる最も適切な語句を、以下の枠の中から選び答えよ。

加水分解	水和	重合	酸化	還元	エステル化
ジアゾ化	置換	遊離			

- (2) 化合物 A と B の名称を答え、構造式を示せ。
- (3) 下線部①について、エタノールのみにあてはまるもの、フェノールのみにあてはまるもの、エタノールとフェノールの両方にあてはまるもの、エタノールとフェノールの両方にあてはまらないものを以下の選択肢よりすべて選び、解答欄の記号に○を付けて答えよ。

- (あ) 水溶液は弱酸性を示す  
 (い) ナトリウムの単体と反応して水素を発生する  
 (う) アンモニア性硝酸銀溶液を還元する  
 (え) 水酸化ナトリウムを加えても反応しない  
 (お) 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると呈色する

- (4) 下線部②について、ナトリウムフェノキシド水溶液に  $\text{CO}_2$  を通じたときの化学変化を、化学反応式で示せ。
- (5) 以下の文章を読み、問(a)～(c)に答えよ。

ナトリウムフェノキシドを高温・高圧のもとで  $\text{CO}_2$  と反応させることで化合物 C が得られる。これに希硫酸を作用させると化合物 D が生じる。さらに、③化合物 D と無水酢酸  $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$  を混合し、濃硫酸を触媒として作用させると、解熱鎮痛剤として利用される化合物 E が得られる。

- (a) 化合物 C、D、E の名称を答えよ。
- (b) 下線部③を化学反応式で示せ。
- (c) 下線部③の化学反応において、3.0 g の化合物 E が得られた。このとき、反応した無水酢酸  $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$  の質量 [g] を求めよ。

## 化学基礎・化学

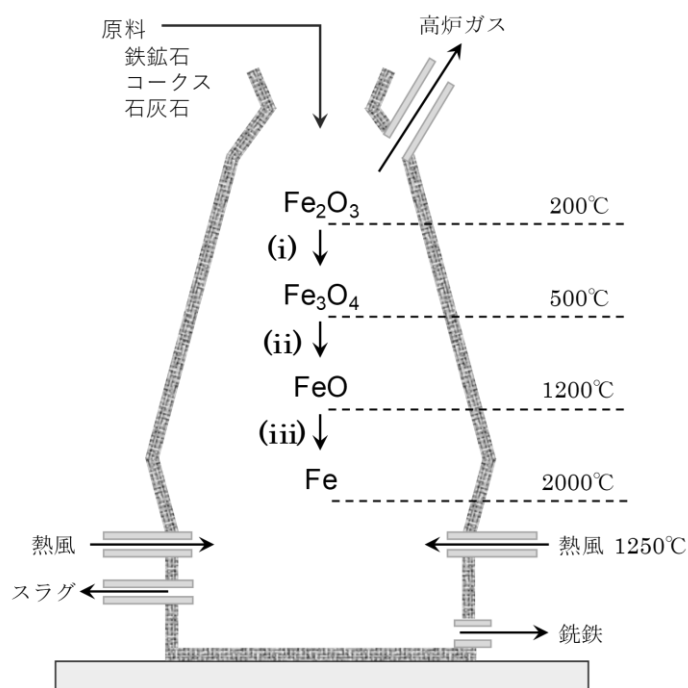
**問題 4** 次の文章を読み、以下の問に答えよ。ただし、原子量は、 $\text{Fe} = 56.0$ 、 $\text{O} = 16.0$  とする。なお、計算を含む問の解答は計算過程を明示し、有効数字は 3 桁とせよ。

(配点 50 点)

鉄は天然には単体として産出されず、岩石中に酸素や硫黄などとの化合物として含まれている。工業的には次の図に示す高炉（溶鉄炉）で製錬される。赤鉄鉱  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  や磁鉄鉱  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  などの鉄鉱石をコークス、石灰石とともに高炉の上部から投入し、下部から高圧で熱風を送る。①炉の上部から下部に向かうにつれて温度が上昇し、コークスの燃焼によって生じる一酸化炭素によって、鉄鉱石は段階的に還元され、炉底部に銑鉄が生成する。

一方、②鉄鉱石中の不純物は石灰石が熱分解した物質と反応して、スラグとよばれる物質を生成する。このスラグは、高炉内で銑鉄の上部をおおっているため、鉄が酸化することを防ぐはたらきがあり、セメント材料や道路の舗装材料に用いられる。

こうして製錬された鉄は構造材料などとして広い分野で利用されているだけでなく、③亜鉛でめっきしたトタンは、屋根やバケツなどに用いられ、スズでめっきしたブリキは缶詰や容器などに用いられる。



- (1) 下線部①の工程で、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ は  $\text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{Fe}$  と段階的に還元され、銑鉄が生成する。図の (i)、(ii)、(iii) のそれぞれの段階における変化を化学反応式で記せ。
- (2) 図の高炉で  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  48.0 kg を一酸化炭素で還元したところ、生成した固体は  $\text{FeO}$  と  $\text{Fe}$  の混合物であり、その質量は 35.2 kg であった。この混合物の組成を求めるため、還元の段階を追って考えることにした。以下の問 (a)～(c) に答えよ。
- (a)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  がすべて  $\text{FeO}$  に変換されたと仮定する。このとき生成する  $\text{FeO}$  の質量 [kg] を求めよ。
- (b) 実際には、(a) で求めた  $\text{FeO}$  の一部がさらに還元されて  $\text{Fe}$  が生成し、生成した固体の質量が 35.2 kg となった。このとき、 $\text{Fe}$  に変換された  $\text{FeO}$  について、その物質量 [mol] を求めよ。
- (c) この混合物に含まれる  $\text{FeO}$  と  $\text{Fe}$  の質量 [kg] をそれぞれ求めよ。
- (3) 鉄イオンは酸化数の違いによって異なる色を示すため、溶液中の鉄の存在状態を色の観察から判断できる。鉄イオンに関する次の (ア)～(ク) の文のうち、誤っているものを三つ選び、解答欄の記号を○で囲んで答えよ。
- (ア) 鉄  $\text{Fe}$  を濃硝酸  $\text{HNO}_3$  に加えると表面に酸化膜が生じてそれ以上反応が進まなくなる。
- (イ)  $\text{Fe}^{3+}$  イオンを含む水溶液にチオシアン酸カリウム  $\text{KSCN}$  水溶液を加えると色の変化はなく、 $\text{Fe}^{2+}$  イオンを含む水溶液に加えると血赤色の錯イオンを生成する。
- (ウ)  $\text{Fe}^{3+}$  イオンを含む水溶液にヘキサシアニド鉄 (II) 酸カリウム  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  を加えると濃青色沈殿が生じる。
- (エ)  $\text{Fe}^{2+}$  イオンを含む水溶液に水酸化ナトリウム  $\text{NaOH}$  水溶液を加えると、緑白色の水酸化鉄 (II)  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  の沈殿が生じる。
- (オ)  $\text{Fe}^{2+}$  を含む塩基性～中性の水溶液に硫化水素  $\text{H}_2\text{S}$  を通じると、黒色の硫化鉄 (II)  $\text{FeS}$  の沈殿が生じる。
- (カ) 鉄  $\text{Fe}$  に希硫酸  $\text{H}_2\text{SO}_4$  を加えると酸素  $\text{O}_2$  を発生して溶け、この溶液を凝縮すると、硫酸鉄 (II) 七水和物  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  が得られる。
- (キ)  $\text{Fe}^{2+}$  イオンを含む水溶液にヘキサシアニド鉄 (III) 酸カリウム  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  水溶液を加えると濃青色沈殿を生じる。
- (ク) ヘキサシアニド鉄 (III) 酸イオン  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$  の形は正四面体である。

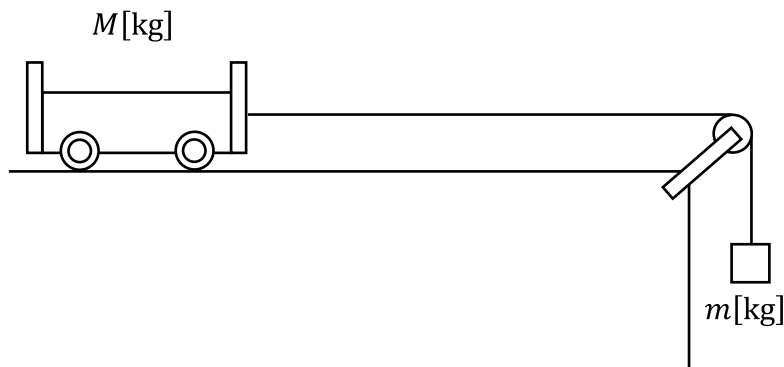
- (4) 下線部②について、スラグの主成分は何か、その化学式を記せ。
- (5) 下線部③について、鉄を亜鉛でめっきしたトタンとスズでめっきしたブリキでは、鉄が露出したときにどちらの方が錆びにくい。解答欄の語句を○で囲んで答えよ。また、その理由も説明せよ。

## 物理基礎・物理

**問題 1** 次の文章を読み、以下の問に答えよ。なお、特に指定がないかぎり、結果だけでなく、考え方や計算の過程も含めて解答せよ。

(配点 50 点)

下図のように、水平な机の上に質量  $M$  [kg] の台車を置き、台車につけた伸び縮みしない軽い糸を机の端のなめらかに回る軽い滑車に通し、糸に質量  $m$  [kg] のおもりをつるして放した。台車と机の間の摩擦および糸と滑車の間の摩擦は無視できるものとする。なお、おもりに対する重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>]、台車の加速度の大きさを  $a$  [m/s<sup>2</sup>]、糸の張力の大きさを  $T$  [N] とする。ただし、 $M > m$  とする。



図

- (1) 台車の運動方程式を、 $T$ 、 $M$ 、 $a$ を用いて表せ。
- (2) おもりの運動方程式を、 $T$ 、 $m$ 、 $a$ 、 $g$ を用いて表せ。
- (3) 台車の加速度の大きさ  $a$  [m/s<sup>2</sup>] を、 $M$ 、 $m$ 、 $g$  を用いて表せ。
- (4) 糸の張力の大きさ  $T$  [N] を、 $M$ 、 $m$ 、 $g$  を用いて表せ。
- (5) 質量  $m$  [kg] のおもりを質量  $m'$  [kg] のおもりに取り替えて、台車の加速度を2倍に増加させたい。必要なおもりの質量  $m'$  [kg] を、 $M$ 、 $m$  を用いて表せ。

## 物理基礎・物理

**問題 2** 次の文章を読み、以下の問に答えよ。なお、特に指定がないかぎり、結果だけでなく、考え方や計算の過程も含めて解答せよ。

(配点 50 点)

なめらかに動くピストンがついたシリンダーに、物質量  $n$  の単原子分子理想気体が閉じ込められている。シリンダーには電熱器がとりつけられている。最初の状態では気体の体積は  $V_0$ 、圧力は  $P_0$ 、温度は  $T_0$  であった (図 1)。このシリンダーを用いて以下の実験をおこなった。気体定数は  $R$  とし、シリンダーやピストンを通じた熱の出入りはないものとする。

**実験 1** 図 1 の状態でピストンをストッパーで固定し、シリンダー内をゆっくり加熱すると、シリンダー内の圧力が  $P_1$  となった (図 2)。

**実験 2** 図 1 の状態から、ピストンを固定せずにシリンダー内をゆっくり加熱すると、シリンダー内の気体の体積が  $V_2$  となった (図 3)。

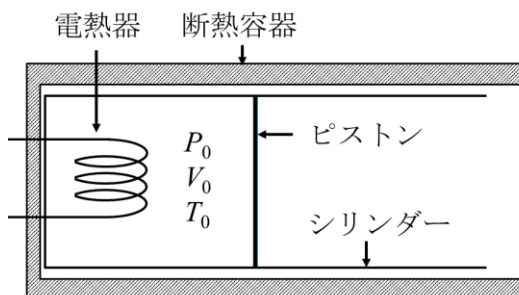


図 1

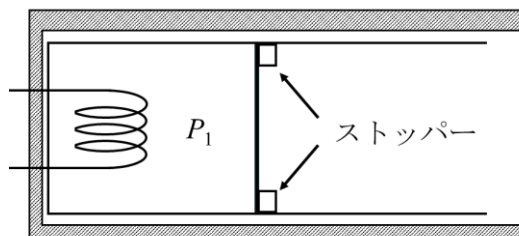


図 2

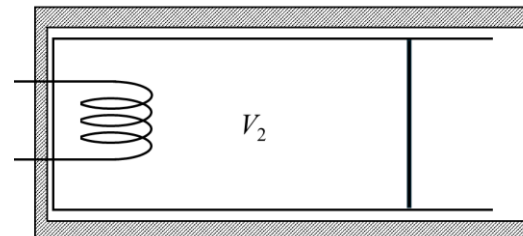


図 3

- (1) 図 2 のときの気体の温度  $T_1$  を、 $n$ 、 $R$ 、 $P_1$ 、 $V_0$ を用いて表せ。
- (2) 実験 1 において、気体に加えられた熱量  $Q_1$  を、 $n$ 、 $R$ 、 $T_0$ 、 $T_1$  を用いて表せ。
- (3) 図 3 のときの気体の温度  $T_2$  を、 $V_0$ 、 $V_2$ 、 $T_0$  を用いて表せ。
- (4) 実験 2 において、気体が外部にした仕事  $W$ 、気体の内部エネルギーの変化量  $\Delta U$  および気体に加えられた熱量  $Q_2$  を、 $n$ 、 $R$ 、 $T_0$ 、 $T_2$  を用いて表せ。
- (5) 実験 1 と実験 2 で同じ熱量が与えられた場合に、シリンダー内の気体の温度変化は実験 2 では実験 1 の何倍になるか求めよ。

## 物理基礎・物理

**問題 3** 次の(1)～(2)の文章を読み、(a)～(f)の各問に答えよ。なお、特に指定がないかぎり、結果だけでなく、考え方や計算の過程も含めて解答せよ。

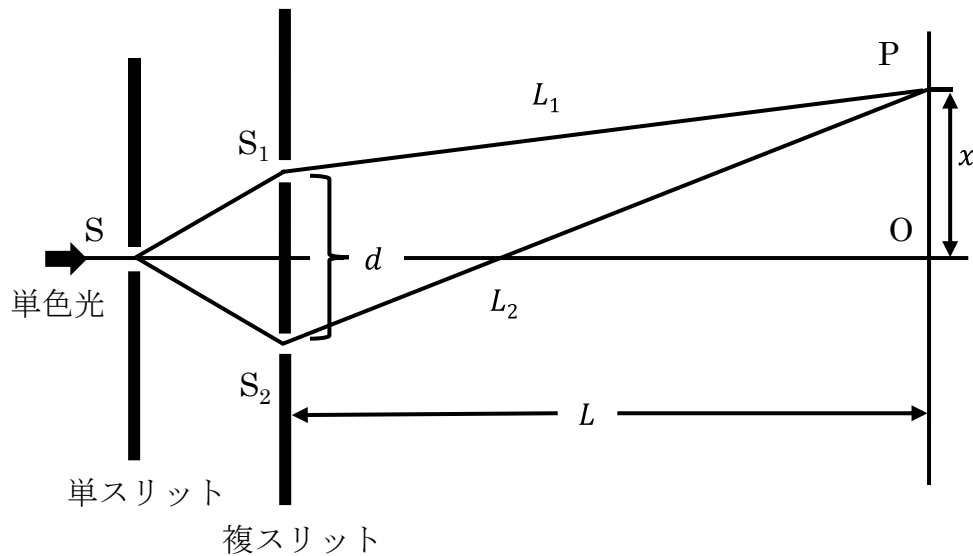
(配点 50 点)

(1) ある幅のスリットに光を通したところ、光の幅が広がった。これは水や音の波と同じように、光がスリットの陰となる部分に①回り込んで進むためである。この現象は、スリット幅が②(狭い／広い)ほどはっきりと確認できる。

(a) 下線部①の現象を何というか。

(b) 下線部②について、括弧内のどちらかを選び解答欄に書きなさい。

(2) 下図は、ヤングがおこなった光の干渉実験の原理図である。複スリット  $S_1$ 、 $S_2$  の間隔は  $d$  [m] で、複スリットとスクリーンの間隔は  $L$  [m] である。 $S_1S_2$  の垂直二等分線上に波長  $\lambda$  [m] の光源  $S$  を置き、スクリーン上の  $O$  から干渉縞  $P$  までの距離を  $x$  [m] とし、 $d$  と  $x$  は  $L$  よりも十分に小さいものとする。また、 $S_1P$  の長さを  $L_1$  [m]、 $S_2P$  の長さを  $L_2$  [m] とする。



光の干渉実験の原理図

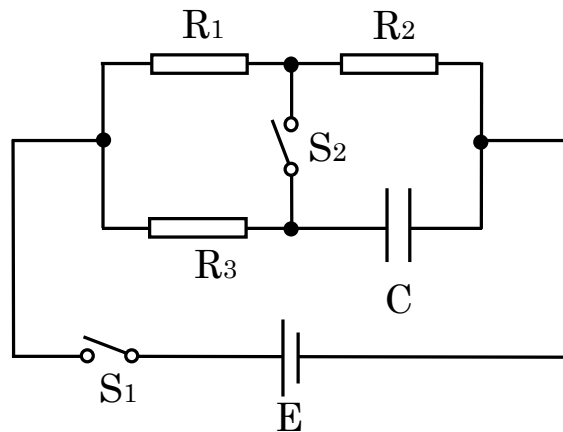
- (c)  $L_1$ 、 $L_2$ を、それぞれ  $L$ 、 $x$ 、 $d$  を用いて表せ。
- (d)  $|L_2 - L_1|$ は、 $(BC)/A$  の形で表すことができる。ただし、 $A$ 、 $B$ 、 $C$  には  $L$ 、 $x$ 、 $d$ が一つずつ該当する。このとき、 $|L_2 - L_1|$ を、 $L$ 、 $x$ 、 $d$ を用いて表せ。ただし、計算の過程で  $|a|$  が 1より十分に小さいときに成り立つ近似式  $\sqrt{1+a} \cong 1 + (a/2)$  を用いよ。
- (e) 隣り合う明線の間隔  $\Delta x$ を、 $L$ 、 $d$ 、 $\lambda$  を用いて表せ。
- (f) 図のヤングの干渉実験の装置で単色光を  $S$  から入射させて実験をおこなったところ、スクリーン上の中央付近で、明線の間隔が  $1.2 \text{ mm}$  になった。複スリットとスクリーンの間隔は  $L = 1.2 \text{ m}$ 、複スリット  $S_1$ 、 $S_2$  の間隔は  $d = 0.50 \text{ mm}$  のとき、実験に用いた単色光の波長  $\lambda$  [m] を有効数字 2 桁で答えよ。

## 物理基礎・物理

**問題 4** 次の文章を読み、以下の間に答えよ。なお、特に指定がないかぎり、結果だけでなく、考え方や計算の過程も含めて解答せよ。また、解答は有効数字 2 桁で解答せよ。

(配点 50 点)

図のように抵抗  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、コンデンサー  $C$ 、スイッチ  $S_1$ 、 $S_2$ 、電池  $E$  を接続した。抵抗  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  の抵抗値は、それぞれ  $10\ \Omega$ 、 $20\ \Omega$ 、 $10\ \Omega$  であった。また、コンデンサーの電気容量は  $5.0 \times 10^{-6}\ \text{F}$ 、電池の起電力は  $12\ \text{V}$  であった。最初、スイッチ  $S_1$ 、 $S_2$  は開いていた。まず、①スイッチ  $S_1$  だけを閉じ、じゅうぶんな時間が経過した。次に、②スイッチ  $S_2$  を閉じ、じゅうぶんな時間が経過した。



図

- (1) 下線部①のとき、抵抗  $R_1$  に流れる電流の大きさ [A] を求めよ。
- (2) 下線部①のとき、コンデンサー  $C$  に蓄えられた電気量 [C] を求めよ。
- (3) 下線部②のとき、抵抗  $R_2$  に流れる電流の大きさ [A] を求めよ。
- (4) 下線部②のとき、抵抗  $R_3$  の両端に加わる電位差 [V] を求めよ。
- (5) 下線部②のとき、コンデンサー  $C$  に蓄えられた静電エネルギー [J] を求めよ。