

令和 7 年度  
石川県立大学 前期日程  
入学者選抜学力検査

理科  
(問題冊子)

令和 7 年 2 月 25 日 (火)

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 24 枚あります。解答冊子は、表紙を入れて 26 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。それらのうちから 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)

生物にみられる共通性を考えてみる。すべての生物は、「細胞からできている」という共通の特徴をもつ。例えば、ヒトは細胞の集合体でできた多細胞生物であり、ゾウリムシは 1 個の細胞からなる単細胞生物である。生物を構成する細胞には、その①基本的な構造に類似した点がみられる。

また、生物が活動するためには、②エネルギーが必要である。細胞内では、有機物を分解して放出される化学エネルギーを利用する。放出されたエネルギーは直接利用されず、ADP とリン酸から ATP を合成し、エネルギーを貯蔵する。ATP は細胞内の必要な場所に運ばれ、そのエネルギーが供給される。このエネルギーの流れも、すべての生物に共通している。

- (1) 下線部①に関して、以下の表は、乳酸菌、ウシの肝臓、ツバキの葉を生物試料として、それらの細胞内の構造の共通性と多様性を整理したものである。表中の＋はその構造体が存在することを、－は存在しないことを表している。なお、(ア) は酢酸オルセインによく染色された。

表 細胞構造の共通性と多様性

試料 構造体	(カ)	(キ)	(ク)
(ア)	＋	－	＋
(イ)	＋	－	＋
(ウ)	＋	＋	＋
(エ)	－	－	＋
(オ)	－	＋	＋

- i) 表の (ア) ～ (オ) に入る適切な語句を次の a) ～ e) から選び、記号で答えよ。

a) 細胞膜      b) 細胞壁      c) ミトコンドリア      d) 核      e) 葉緑体

- ii) 表の (カ) ～ (ク) に入る適切な語句を次の f) ～ h) から選び、記号で答えよ。

f) 乳酸菌      g) ウシの肝臓      h) ツバキの葉

(2) 下線部②に関して、次の a) ～ f) の記述は、呼吸において解糖系 (A)、クエン酸回路 (B)、電子伝達系 (C) のどれに該当するか。解答欄に記号で答えよ。

- a) 細胞質基質で行われる
- b) NADH と  $\text{FADH}_2$  の両方が生成される
- c) ATP 合成酵素がはたらく反応が含まれる
- d) 最終産物として  $\text{H}_2\text{O}$  が生成される反応が含まれる
- e) 1 分子のグルコースから 2 分子の ATP と 2 分子の NADH が生成される
- f)  $\text{CO}_2$  が生成される反応が含まれる

(3) 細胞のはたらきを調べるために、細胞内の構造体を分画する実験をおこなった。植物細胞を破碎し、遠心分離によって沈殿物と上澄みに分けた。その上澄みにさらに強い遠心力をかけて遠心分離をおこなう操作をくりかえした。実験中は温度を一定に保ち、また細胞破碎は、0.9 %スクロース水溶液中でおこなった。

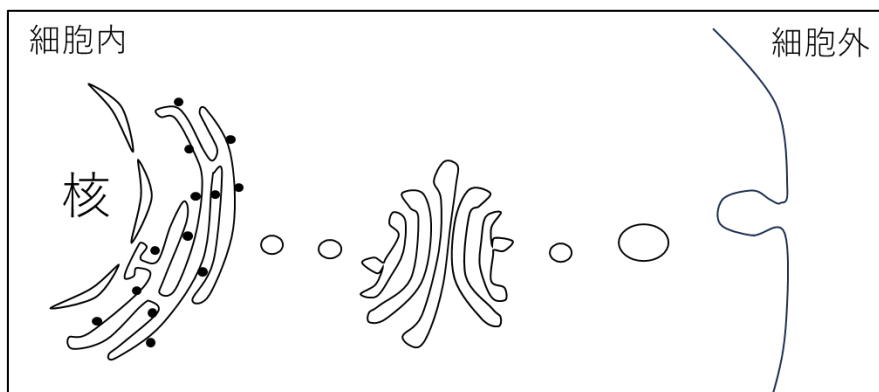
i) 実験中の温度として最も適切と思われるものを、次の a) ～ d) から選び、記号で答えよ。また、その理由を簡潔に述べよ。

- a) 45 °C    b) 37 °C    c) 20 °C    d) 4 °C

ii) 細胞破碎を 0.9 %スクロース水溶液中でおこなった理由を簡潔に述べよ。

iii) ある画分には、へん平な袋状の構造が重層的に存在し、エネルギー変換に関わる色素を含むタンパク質が多く検出された。この特徴をもつ細胞小器官内部の袋状構造の名称を答えよ。

(4) 真核細胞において、リボソームで合成されたタンパク質が細胞外へ分泌されるまでの過程を、以下の模式図を参考に説明せよ。



## 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)

①植物ホルモンは、植物自身が作り出す低分子生理活性物質の総称であり、植物の成長や分化、環境応答等に重要な役割を担っている。植物ホルモンの合成や移動、受容等における仕組み、また、それらに関わる酵素や転写調節因子、受容体等は、シロイヌナズナやイネ等の突然変異体の解析から明らかになってきた。下記の実験 1～3 は②ジベレリンに関わる遺伝子に変異が起こった突然変異体の取得およびその突然変異体を用いた実験である。

### 実験 1

③突然変異を誘発する薬品 X を処理したシロイヌナズナ種子由来の植物体から、野生型（突然変異処理をおこなっていないもの）と比較して小さな（矮性）個体を選抜した。その結果、矮性の突然変異体である変異体 A、変異体 B、変異体 C を取得した。これら変異体と野生型の植物体を用いて、後述の実験 2、実験 3 をおこなった。なお、野生型、変異体 A、変異体 B、変異体 C はすべて純系である。

### 実験 2

野生型、変異体 A、変異体 B、変異体 C の植物体に、ジベレリンまたはその前駆物質 Y（不活性型ジベレリン）を噴霧した場合と、未処理の場合とで生育量（背丈）を比較した。その結果を表 1 に示す。なお、ジベレリンは前駆物質 Y から 1 段階の反応で合成される。

表 1

	未処理	前駆物質 Y	ジベレリン
野生型	32.5	32.5	34.5
変異体 A	12.4	24.2	27.8
変異体 B	12.3	12.3	12.3
変異体 C	12.5	12.5	27.8

単位は cm

## 実験 3

野生型、変異体 A、変異体 B、変異体 C の植物体における前駆物質 Y とジベレリンの含量（乾燥植物体 100 g あたり）を測定したところ、表 2 に示す結果となった。

表 2

	前駆物質 Y	ジベレリン
野生型	310	539
変異体 A	23	52
変異体 B	1526	8602
変異体 C	995	149

単位は ng（1 ng = 1/1000 μg）

- (1) 下線部①に関して、下記の（ア）～（カ）に最も強く関わる植物ホルモンの名称をそれぞれ答えよ。

- （ア）離層で細胞壁を分解する酵素が合成され、細胞同士の接着が弱くなるため落葉や落果が起こる
- （イ）種子の発芽を抑制する
- （ウ）種子の発芽を促進する
- （エ）頂芽が盛んに成長している間は、下方の側芽の成長は抑制される
- （オ）根は重力方向に伸長する
- （カ）未成熟のバナナの果実を熟したリンゴの果実とともに密封容器に入れておくと、バナナの果実が成熟する

- (2) 下線部②に関して、種なしブドウを生産する際にジベレリンが用いられる。このジベレリン処理は開花前および開花後の 2 回行われる。1 回目の処理により花粉および胚珠の稔性が阻害され種子ができなくなる。では、2 回目の処理は何のためにおこなわれるのか。本来のブドウの果実形成時におけるジベレリンの挙動、および 1 回目のジベレリン処理による影響を含めて答えよ。

- (3) 下線部③に関して、薬品 X はグアニンに作用し、グアニンをアデニンに相当する分子に変換する。薬品 X で処理することにより変異体 A～C のように野生型と異なる表現型を示すのはなぜか。その理由を以下の語句をすべて用いて答えよ。

グアニン   シトシン   コドン   アミノ酸   タンパク質
----------------------------------

- (4) 実験 2 および実験 3 の結果から、変異体 A、変異体 B、変異体 C はそれぞれジベレリンに関わる経路のどの段階に変異が起こっていると考えられるか。それぞれの変異体において、最も適切と考えられるものについて下記の a)～d)から選び、記号で答えよ。
- a) 前駆物質 Y からジベレリンの変換に関わる酵素の遺伝子に変異が起こった
  - b) 前駆物質 Y よりもさらに前の前駆体から前駆物質 Y までの変換に関わる酵素の遺伝子に変異が起こった
  - c) ジベレリンの受容に関わるタンパク質の遺伝子に変異が起こった
  - d) 前駆物質 Y の受容に関わるタンパク質の遺伝子に変異が起こった

## 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)

雌雄の①配偶子である卵と精子が接合する過程を受精という。海中に生息するウニは、それぞれの配偶子を海水中に放出して体外受精をおこなう。精子は、中片部の（ア）で合成された（イ）をエネルギーとして尾部の（ウ）を動かして泳ぎ、卵の外側を取り囲む（エ）に到達すると②先体反応を起こす。（エ）およびその下にある（オ）を通過した精子は、卵の細胞膜に接すると互いの細胞膜を融合して受精が開始される。通常の受精では1個の卵に受精する精子は1個である。これは、卵細胞質内の（カ）の内容物が（オ）と細胞膜との間に放出され、他の精子が侵入できないように（オ）を硬い（キ）に変化させることによる。受精後、（ク）を開始した胚の細胞が分割してゆくことを③卵割といい、卵割で生じる細胞を（ケ）という。卵割が進み桑実胚になるとその内部には空所の（コ）が出現する。

- (1) 文章中の（ア）～（コ）に入る適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部①について、配偶子を介した生殖様式、介さない生殖様式をそれぞれ何と呼ぶかを答えよ。
- (3) 下線部②について、以下の問に答えよ。
  - i) （エ）に到達した精子の先体はどのような反応がおこるか、a) ～ c)の中から正しいものを1つ選べ。
    - a) 先体が硬くなる
    - b) 先体の中身が放出される
    - c) 先体の底部が溶解する
  - ii) i)の後、精子頭部の細胞膜の先端が糸状に伸長し形成されるものは何か答えよ。

(4) 下線部③について、a) ～ e)の文章の中で正しいものを1つ選べ。

- a) 卵割で生じた細胞を割球といい、16 細胞期には大きさの異なる 4 種の割球が生じる
- b) 卵割で生じた小さな細胞が元の大きさに成長すると次の卵割が起きる
- c) カエルの細胞の大きさは、2 細胞期までほぼ等しいが、8 細胞期では 2 種類の大きさの細胞が生じる
- d) ウニでは、桑実胚になると細胞の外側に鞭毛が生じて回転運動を始め、ふ化して泳ぎ出す
- e) カエルでは、胞胚内部の胞胚腔は植物極側に偏って形成される

(5) ウニの 2 細胞期、4 細胞期、8 細胞期、16 細胞期の胚について、胚に含まれるそれぞれの細胞の体積を測定した結果、以下の表のようになった。細胞 A ～D はそれぞれどの細胞期のものかを答えよ。

細 胞	A	B	C	D
体 積 ( $\mu\text{m}^3$ )	30000	60000	120000	240000



## 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)

石川県には、多くの生物種が生息している。ある空間内に生息し、互いに交流のある同種個体の全体を個体群といい、さまざまな関係を及ぼしあっている異なる種の個体群の集まりを（ア）という。さらに、（ア）と（イ）をあわせたものを生態系という。生態系では、生物どうしの捕食・被食の関係は直線状ではなく、複雑な網状になっており、これらの関係の全体を（ウ）という。さらに（ウ）の上位の捕食者が種多様性などの維持に大きな影響を及ぼしている場合があり、その種が絶滅することで生態系のバランスも大きく変化する。このような種を（エ）種という。

個体群の大きさは、それを構成する個体の総数で表され、一定面積あるいは体積あたりの個体数を特に個体群密度という。個体群の大きさを推定する方法にはいくつかある。その代表的なものとして①標識再捕法と②区画法があり、対象とする生物種の③分布様式や移動能力などによって使い分ける必要がある。

さらに個体群の大きさは常に一定ではなく、季節や年などの時間の経過にともない変動する。また、個体数の増加を個体群の（オ）という。たとえば、えさの入ったビンの中では、ショウジョウバエの雌雄 2 個体からはじまった個体群は、はじめは高い増加率を示すが、④個体数が増すにつれてその増加率は低下していく。このように、個体群密度が個体群の増加率に影響することを（カ）という。また、個体群密度に応じて同一種の形態や行動、生理などの諸形質に、まとまった顕著な変化が生じる現象を（キ）という。たとえば、⑤トノサマバッタでは、数世代にわたって個体群密度が高い状態が続くと、体長に対して後脚が短く、前翅（ぜんし）が相対的に長い成虫となる。

(1) 文章中の（ア）～（キ）に入る適切な語句を答えよ。

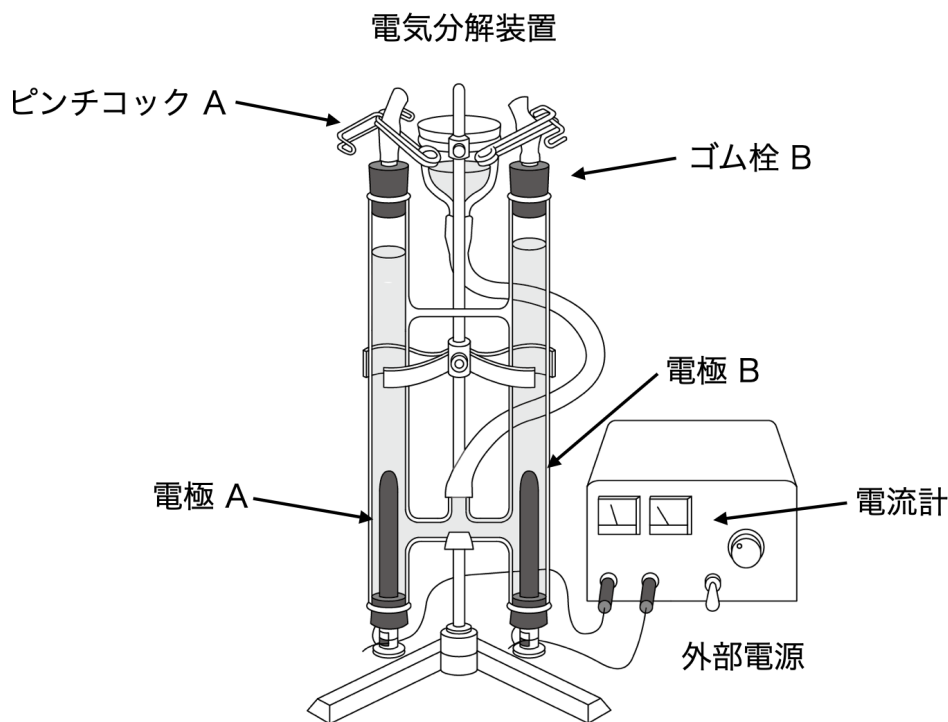
- (2) 下線部①について、石川県の森の中にある小さな池に、産卵のために集まっているサンショウウオの個体数を調べるために、標識再捕法による調査をおこなった。はじめに、この池から 30 個体のサンショウウオを捕獲し、そのすべてに標識を取り付けてから池に戻した。一定の時間をおいた後に 60 個体を捕獲したところ、標識のついた個体は 20 個体であった。ここでは、標識再捕法をおこなううえで必要な条件はすべて満たしたものとして、以下の問に答えよ。
- i) 標識を取り付けたサンショウウオの再捕獲を、放流直後ではなく、一定の時間をおいた後とした理由を説明せよ。
  - ii) この池のサンショウウオの総個体数を推定し、計算過程を含めて答えよ。
- (3) 下線部②に関する以下の a) ～ d) の文章として正しいものには○、間違っているものには×で答えよ。
- a) 動きが激しい動物を対象とした調査法である
  - b) 移動がほとんどない植物やフジツボなどを対象とした調査法である
  - c) 一定面積の個体数を調べ、全体の個体数を推定する調査法である
  - d) 対象生物が集中分布する場合には、密度の高い場所と低い場所で個体群密度を調べ、それぞれの場所の面積を測る必要がある
- (4) 下線部③について、ある生物の分布調査をおこなった。その結果、特定の場所にかたまって分布していた。このような分布様式を何と呼ぶか答えよ。
- (5) 下線部④について、ショウジョウバエの個体数が増すにつれてその増加率が低下していく理由を、3つ挙げて説明せよ。
- (6) 下線部⑤について、以下の問に答えよ。
- i) 高密度条件で出現するこのような成虫を何と呼ぶか答えよ。
  - ii) 高密度条件で下線部⑤のような形態に変化することは、どのような点で有利なのか、説明せよ。

## 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、 $0\text{ }^{\circ}\text{C} = 273\text{ K}$  とし、 $273\text{ K}$  にて  $1\text{ mol}$  の気体が占める体積は  $22.4\text{ L}$  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)

電解質の水溶液に 2 つの電極を入れ、外部電源（電池など）で直流電圧をかけると、電極の表面で酸化還元反応が起こる。これを電気分解という。電気分解では、変化する物質の物質量は流れた電気量に比例する。これをファラデーの法則という。この法則について調べるため、下の図の電気分解装置を用いて①～⑥の手順で実験をおこなった。なお、この電気分解装置の電極 A と電極 B は白金でできている。



- ① 塩化ナトリウム  $\text{NaCl}$  の飽和水溶液を電気分解装置に入れた。
- ② 電気分解装置の上部に空気が入らないように注意しながらゴム栓をしてピンチコックを閉じた (2 箇所)。

- ③ 電気分解装置の電極にリード線をつなぎ、外部電源（5 V）につないだ。
- ④ 外部電源のスイッチを入れ、電気分解装置に電流を通し、電気分解を 8 分間おこなった。電流計の指針を観察して 1 分ごとに下の表に記録した。

時刻（分）	1	2	3	4	5	6	7	8
電流 (mA)	240	220	210	200	200	190	170	170

- ⑤ 外部電源のスイッチを切り、電気分解装置の上部に溜まった気体の体積を測り、下の表に記録した。また、実験室の気温を記録した。

電極 A から発生した気体の体積 [mL]	12.3
電極 B から発生した気体の体積 [mL]	11.0
実験室の気温 [°C]	27.3

- ⑥ 電気分解後、ピンチコック A を開けて、マッチの火を近づけたところ、ボンと音がした。また、ゴム栓 B を開けて、青色リトマス紙を内部の気体に触れさせたところ、赤色に変色した後、白色になった。
- (1) この電気分解において、陽極および陰極で起こる酸化還元反応を、電子を含むイオン反応式でそれぞれ記せ。
- (2) (1) の陽極と陰極での反応を合わせた全体の化学反応を、**NaCl** を含む反応式で記せ。
- (3) 電気分解装置の電極 A および電極 B は陽極および陰極のいずれに該当するか。解答欄の語句を○で囲んで答えよ。
- (4) ④の結果から電気分解で流れた電気量 [C] を求めよ。ただし、電流計の指針が示す電流の値は 1 分間における平均値としてあつかうこと。
- (5) 電極 A から発生した気体の体積を用いて、ファラデー定数（単位：C/mol）を求めよ。
- (6) 両方の電極を白金から鉄に交換して同様の電気分解実験をおこなった場合、気体が発生しなくなるのはどちらの電極か、解答欄の語句を○で囲んで答えよ。また、その理由を説明せよ。

## 化学基礎・化学

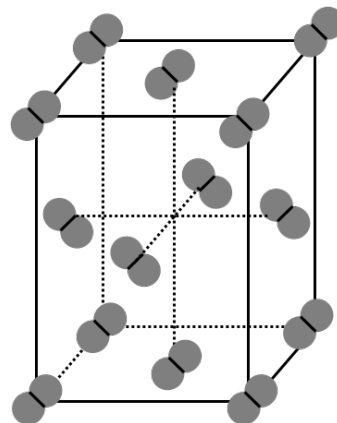
**問題 2** 次の文章を読み、以下の問に答えよ。なお、計算を含む問の解答は計算過程を明示せよ。

(配点 50 点)

フッ素、塩素、臭素、ヨウ素の 4 元素は、周期表の 17 族に属し、ハロゲンとよばれる。①ハロゲンの単体は二原子分子として存在し、その酸化力は、原子番号が小さいほど（ア）い。また、ハロゲンの単体の融点・沸点は、原子番号が小さいほど（イ）い。

フッ素は、さまざまな元素と反応してフッ化物をつくるが、水素と混ぜると冷暗所でも爆発的に反応しフッ化水素となる。②フッ化水素は、蛍石（主成分はフッ化カルシウム）の粉末に濃硫酸を加え、加熱してつくられる。③フッ化水素は他のハロゲン化水素に比べ、沸点が（ウ）い。④フッ化水素酸（フッ化水素の水溶液）は（エ）酸で、ガラスの主成分である二酸化ケイ素と反応するため、ガラスを溶かす。

ハロゲンの単体の結晶中では、分子はファンデルワールス力とよばれる引力によって集合している。ヨウ素の⑤分子結晶は、面心立方格子と同じ配置をしており、単位格子の構造は右図に示すとおりである。



(1) 文中の空欄（ア）～（エ）にあてはまる最も適切な語句を、次の枠の中から選び答えよ。ただし、同じ語句を繰り返し選んでもよいものとする。

強	弱	高	低
---	---	---	---

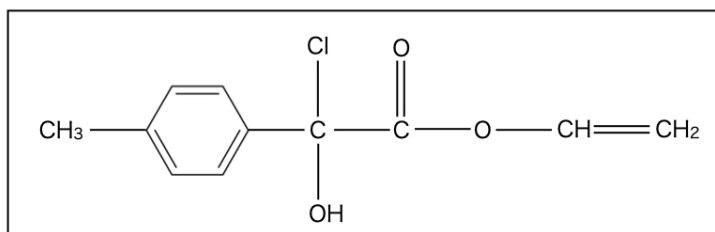
(2) 下線部①に関連して、常温でフッ素および臭素の単体は、どのような状態で存在するか。次の選択肢の中から選んで、解答欄の記号を○で囲んで答えよ。

A: 赤褐色の液体   B: 赤褐色の気体   C: 赤褐色の固体  
D: 淡黄色の液体   E: 淡黄色の気体   F: 淡黄色の固体  
G: 黒紫色の液体   H: 黒紫色の気体   I: 黒紫色の固体

- (3) 下線部②および④の反応を化学反応式で記せ。
- (4) 下線部③に関して、その理由を 50 字程度で答えよ。
- (5) 下線部⑤に関して、下の記述の中から正しい記述を二つ選び、解答欄の記号を○で囲んで答えよ。
- A: 氷は分子結晶ではない  
B: 分子結晶は一般に共有結合結晶と比べて硬い  
C: 分子結晶は電気伝導性を示さない  
D: ヨウ素の分子結晶は昇華性を示す
- (6) 図において、単位格子中のヨウ素の分子の数はいくつか。整数で答えよ。
- (7) ヨウ素の分子結晶の密度  $[\text{g}/\text{cm}^3]$  を答えよ。ただし、ヨウ素の原子量を 127、アボガドロ定数を  $6.0 \times 10^{23}$ 、単位格子の体積は  $3.4 \times 10^{-22} \text{ cm}^3$  とし、有効数字は 2 桁とせよ。

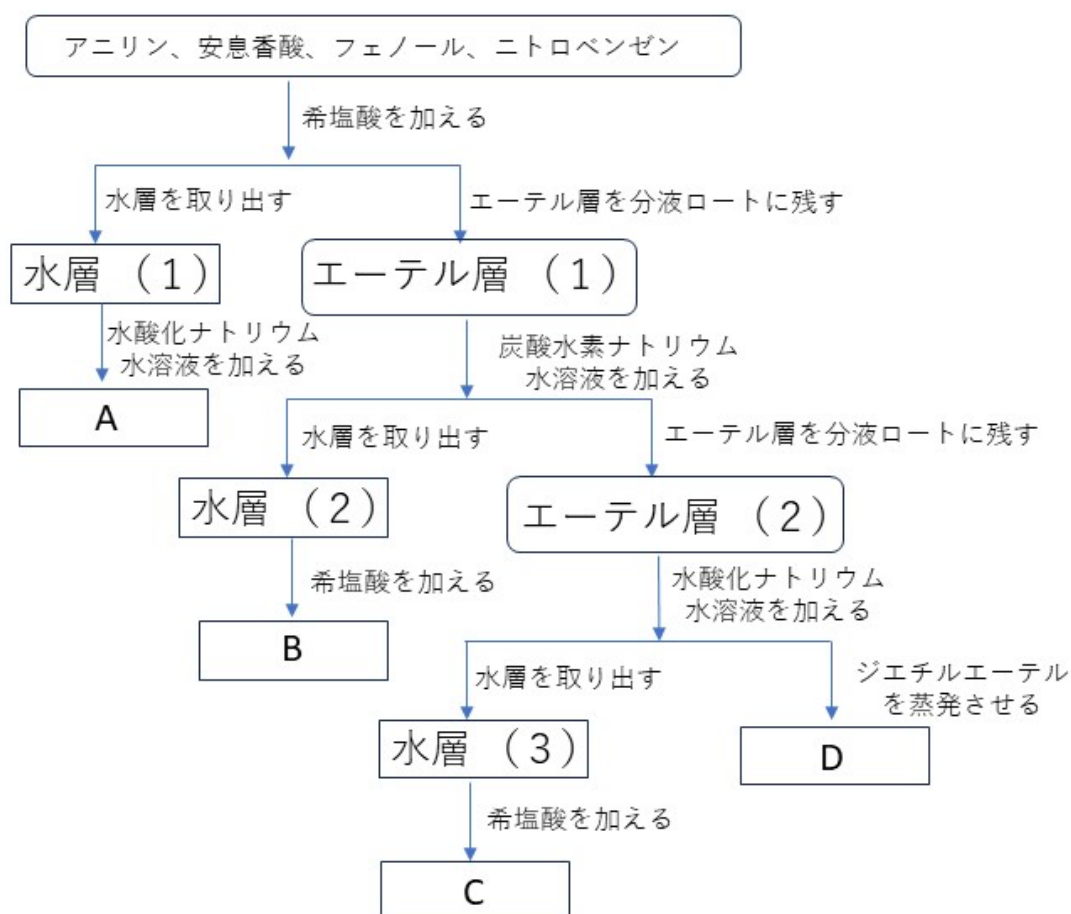
## 化学基礎・化学

**問題 3** 次の文章を読み、以下の問に答えよ。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。構造式は下図の例に従って答えよ。



(配点 50 点)

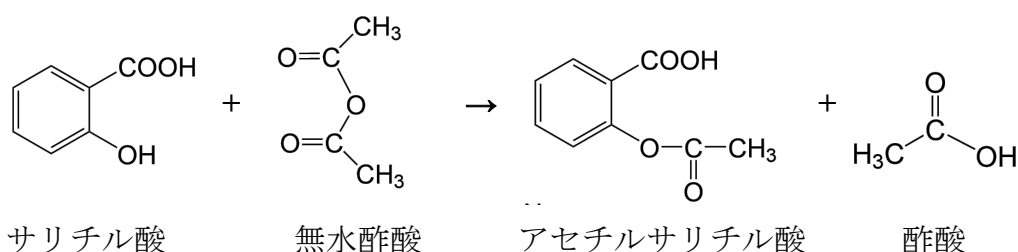
アニリン、安息香酸、フェノールおよびニトロベンゼンをジエチルエーテルに溶解した混合物を以下の図に示した操作によって分離した。



- (1) 分液ロートを用いて図の分離操作をおこなうと水層とエーテル（ジエチルエーテル）層を上下に分離することができる。このとき、上層と下層の溶媒は水とジエチルエーテルのいずれか。解答欄の語句を○で囲んで答えよ。
- (2) 水層（1）に水酸化ナトリウム水溶液を加えたときの化学反応を化学反応式で記せ。
- (3) 水層（2）に希塩酸を加えたときの化学反応を化学反応式で記せ。
- (4) 水層（3）に希塩酸を加えたときの化学反応を化学反応式で記せ。
- (5) A、B、C、D に含まれている化合物は、アニリン、安息香酸、フェノール、ニトロベンゼンのいずれか。解答欄の語句を○で囲んで答えよ。
- (6) 化学反応では、反応物がすべて目的の生成物になるとは限らない。反応が完全に進行した場合に得られる物質量を基準として、実際に得られた生成物の物質量の割合を収率といい、次の式で求められる。

$$\text{収率 [\%]} = \frac{\text{実際に得られた生成物の物質量 (mol)}}{\text{反応が完全に進行した場合に得られる生成物の物質量 (mol)}} \times 100$$

サリチル酸と無水酢酸を反応させると、次の反応式のとおりアセチルサリチル酸と酢酸が生成する。



ある実験で、サリチル酸 69 g と無水酢酸 153 g からアセチルサリチル酸が 45 g 得られた。アセチルサリチル酸の収率 [%] 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。原子量は、 $H = 1.00$ 、 $C = 12.0$ 、 $O = 16.0$  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)

糖類 A～E を用いて以下の実験 I～V をおこなった。なお、A～E は以下の糖のいずれかである。

スクロース	マルトース	アミロペクチン
グルコース	フルクトース	

[実験 I] フェーリング液を加えて加熱すると A、B、D では ( ア ) 色の沈殿を生じたが、C と①E では沈殿を生じなかった。

[実験 II] C と D をそれぞれ希硫酸で完全に加水分解するといずれも A だけが得られた。

[実験 III] ②9.72 g の C を酵素反応により完全に加水分解し A を得た。その後、③酵母によるアルコール発酵をおこなったところ、アルコールとともに気体が発生した。

[実験 IV] E を希硫酸で完全に加水分解すると A と B が得られた。

[実験 V] C は温水に不溶であり、ヨウ素デンプン反応で ( イ ) 色を呈した。また、C を唾液中に存在する酵素である ( ウ ) で加水分解すると D が得られた。

(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) 糖類 A～E の名称を、問題文の枠の中から選び答えよ。

(3) 下線部①について、E では沈殿を生じなかった理由を説明せよ。

(4) 実験Ⅲについて、以下の問(a)～(c)に答えよ。

(a) 下線部②について、得られた A の質量 [g] を求めよ。

(b) 下線部③の化学反応式を記せ。

(c) 下線部③について、発生した気体の質量 [g] を求めよ。

物理基礎・物理
---------

問題 1 以下の問に答えよ。なお、計算過程も含めて解答すること。

(配点 50 点)

(1) 水平な床に質量  $m$  の物体が置かれている。これに糸をつけて張力  $T_0$  で水平方向に引き続け、物体を一定の速度で距離  $d_1$  だけすべらせた。床と物体との間の動摩擦係数は  $\mu$ 、重力加速度の大きさは  $g$  とする。ただし空気の抵抗は無視でき、偶力は生じないものとする。

(a) 張力  $T_0$  を求めよ。

(b) この間に糸の張力  $T_0$  がした仕事を求めよ。

(2) 水平な床に質量  $m$  の物体が置かれている。水平面から角度  $\theta$  上向きに張力  $T_1$  で糸を引き続け、物体を一定の速度で水平方向に距離  $d_2$  だけすべらせた。床と物体との間の動摩擦係数は  $\mu$ 、重力加速度の大きさは  $g$  とする。ただし空気の抵抗は無視でき、偶力は生じないものとする。

(a) 物体にかかる動摩擦力を求めよ。

(b) 張力  $T_1$  を求めよ。

(c) この間に糸の張力  $T_1$  がした仕事を求めよ。

# 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、計算過程も含めて解答すること。

(配点 50 点)

図 1 のように、質量  $m$  [kg] の滑らかに動くピストンが付いたシリンダーが鉛直方向に設置されている。シリンダーの底面近傍には体積や熱容量が無視できる電熱線が設置されており、電流を流すことにより内部の気体を加熱することができる。シリンダー内部には単原子分子の理想気体が  $n$  [mol] 入っている。ピストンの断面積を  $A$  [m<sup>2</sup>]、気体定数を  $R$  [J/(mol・K)]、シリンダーの周囲の気圧を  $P_0$  [Pa]、重力加速度を  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。

なお、ピストンが止まっているときは、シリンダー内部の温度は均一であるものとする。シリンダーとピストンには断熱性があり、熱容量は無視できる。

- (1) ピストンの底からの高さが  $h_1$  [m] のとき、内部の気体の温度  $T_1$  [K] を求めよ。

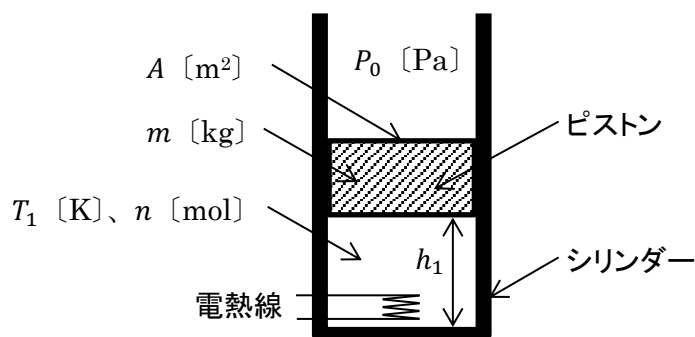


図 1

- (2) 図 1 の状態から、圧力を一定に保ちながら緩やかに電熱線で加熱して、ピストンの底からの高さが  $h_2$  [m] になって止まった。電熱線で発生した熱量  $Q_1$  [J] を求めよ。解答には  $T_1$  を用いてもよい。
- (3) 次に、体積が一定になるようにピストンを保持したまま緩やかに電熱線で加熱して熱量  $Q_2$  [J] を加えて、シリンダー内の温度を  $\Delta T$  [°C] だけ増加させた。 $\Delta T$  [°C] を求めよ。

- (4) 次に、シリンダーを水平面に対して角度  $\theta$  をつけて傾けた状態で静止させると内部の気体の温度が図 1 の  $T_1$  [K] より低くなったので、内部の気体の温度が図 1 と同じ  $T_1$  [K] になるように電熱線で緩やかに加熱した (図 2)。加熱後のピストンの底からの距離  $h_3$  [m] を求めよ。

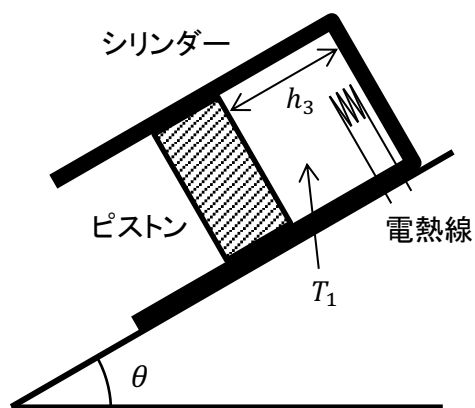


図 2

- (5) 図 1 の状態から、図 2 の状態に変化したときの内部エネルギーの変化  $\Delta U$  [J] を求めよ。

# 物理基礎・物理

## 問題 3 以下の問に答えよ。

(配点 50 点)

- (1) 次の文章の (ア) ～ (ケ) の空欄に当てはまる最適な数式を、解答用紙のそれぞれの解答群の中から一つを丸で囲んで答えよ。

真空中における平行板コンデンサーの静電エネルギーについて考える。極板間距離を  $d$  [m]、極板面積を  $S_0$  [m<sup>2</sup>] とし、起電力  $V$  [V] の電池に接続したところ  $Q$  [C] の電荷が蓄えられたとする。生じる電場 (電界)  $\vec{E}$  [V/m] は極板間にのみ存在し、その方向は極板に垂直で一様であるとみなす。また、クーロンの法則の比例定数を  $k$  [N・m<sup>2</sup>/C<sup>2</sup>] とする。

極板間の電気力線の本数を  $Q$  を用いて表すと (ア) である。また、 $E$  を用いて表すと (イ) である。 $E$  は  $\vec{E}$  の大きさである。したがって、 $Q$  と  $E$  の関係は  $Q =$  (ウ) となる。一方、 $E$  と  $V$  の関係は  $E =$  (エ) なので、 $Q$  を  $V$  を用いて表せば、 $Q =$  (オ) となる。真空の誘電率  $\epsilon_0$  [F/m] は、 $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k}$

であることを用いれば、コンデンサーの静電容量  $C$  [F] は  $C =$  (カ) であることがわかる。ここで静電容量  $C$  のコンデンサーに電圧  $V$  が加わっているとき、コンデンサーに蓄えられている静電エネルギー  $W$  [J] は  $W =$  (キ) なので、 $E =$  (エ) と  $C =$  (カ) を用いて  $E$  を使って変形すると  $W =$  (ク) となる。したがって、コンデンサーの静電エネルギーは電場の存在する空間に 1 m<sup>3</sup> あたり (ケ) 蓄えられていると考えることもできる。

- (2) 次の文章の (コ) ～ (ソ) の空欄に当てはまる最適な数式を、解答用紙のそれぞれの解答群の中から一つを丸で囲んで答えよ。

真空中におかれたコイルに電流  $I$  [A] を流したときに蓄えられるエネルギーについて考える。コイルの単位長さあたりの巻き数を  $n$  [回/m]、断面積を  $S_1$  [m<sup>2</sup>]、長さを  $x$  [m]、真空の透磁率を  $\mu_0$  [N/A<sup>2</sup>] とする。コイルの直径はコイルの長さに比べて十分小さいとして、生じる磁束密度  $\vec{B}$  [T] はコイル内ではコイルの軸に平行な方向を向き、一定値  $B =$  (コ) であり、コイルの外ではゼロであるとみなす。 $B$  は  $\vec{B}$  の大きさである。このコイルを貫く磁束  $\Phi$  [Wb] は  $\Phi =$  (サ) となる。コイルの自己インダクタンス  $L$  [H] が

$L = \frac{nx\Phi}{I}$  により与えられることに注意すると、 $L =$  (シ) である。ここで、

自己インダクタンス  $L$  のコイルに電流  $I$  が流れているとき、コイルに蓄え

られたエネルギー  $U$  [J] は  $U = (\text{ス})$  なので、 $B = (\text{コ})$  と  $L = (\text{シ})$  を用いて  $B$  を使って変形すると  $U = (\text{セ})$  となる。したがって、コイルに蓄えられたエネルギーは磁束密度の存在する空間に  $1 \text{ m}^3$  あたり  $(\text{ソ})$  蓄えられていると考えることもできる。

- (3) 下図の回路のように、起電力  $7.0 \text{ V}$  の電池 A、起電力  $2.0 \text{ V}$  の電池 B、抵抗値が  $2.0 \Omega$ 、 $1.0 \Omega$ 、 $3.0 \Omega$  の抵抗がある。 $2.0 \Omega$  の抵抗に流れる電流の向きが  $f \rightarrow a$  のとき大きさは  $I_1$  [A]、 $1.0 \Omega$  の抵抗に流れる電流の向きが  $e \rightarrow b$  のとき大きさは  $I_2$  [A]、 $3.0 \Omega$  の抵抗に流れる電流の向きが  $c \rightarrow d$  のとき大きさは  $I_3$  [A] と仮定する。
- (a) 点 b において、キルヒホッフの第 1 法則（電流に関する法則）の式を表せ。
- (b) 閉回路 acdfa、閉回路 bcdeb において、キルヒホッフの第 2 法則（電圧に関する法則）の式を表せ。
- (c) 各抵抗に流れる電流の向きについて、解答用紙の各解答群から一つ選び丸で囲んで答えよ。
- (d) 各抵抗に流れる電流の大きさを有効数字 2 桁で求めよ。

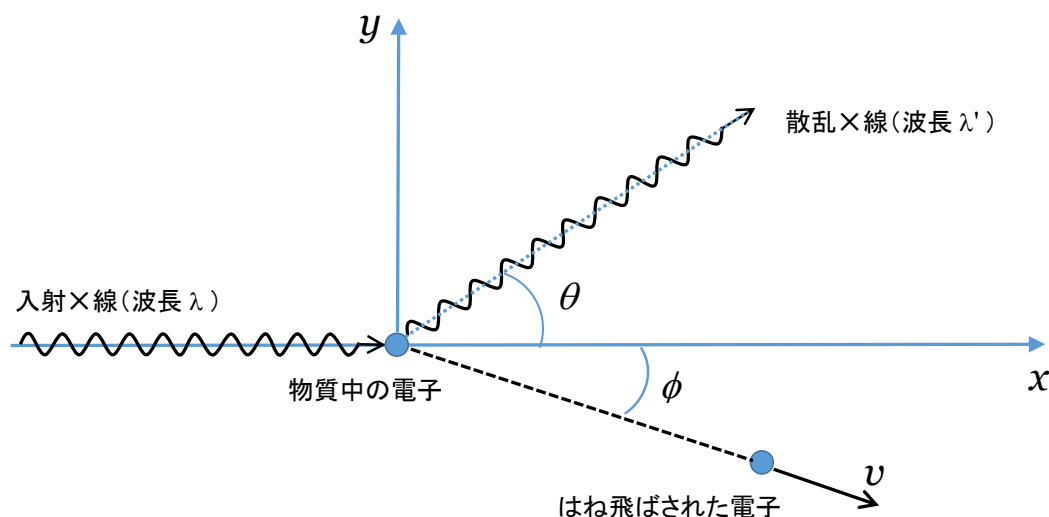


# 物理基礎・物理

**問題 4** 次の文章を読み、以下の問に答えよ。なお、計算過程も含めて解答すること。

(配点 50 点)

図のように、波長 $\lambda$ の入射 X 線が、静止している質量 $m$ の物質中の電子（自由電子）に弾性衝突し、X 線の入射方向に対して、 $\theta$ の方向に X 線が散乱され、 $\phi$ 方向に速さ $v$ （光速度に比べて非常に小さい）で電子がはね飛ばされた。散乱された X 線の波長を $\lambda'$ 、真空での光速度を $c$ 、プランク定数を $h$ とする。



- (1) 衝突の前後のエネルギー保存則を表す式を書け。
- (2) 衝突の前後の  $x$  方向の運動量保存則を表す式を書け。
- (3) 衝突の前後の  $y$  方向の運動量保存則を表す式を書け。
- (4) (1)～(3)の結果を用いて、 $\phi$  と  $v$  を消去することにより、衝突前後の X 線の波長の変化 ( $\lambda' - \lambda$ ) を、 $m, c, h, \theta$  を用いて表せ。  
ただし、三角関数の公式  $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$  ( $\alpha$  は任意の角度)を用いよ。  
また、 $\lambda' \cong \lambda$  で  $\frac{\lambda'}{\lambda} + \frac{\lambda}{\lambda'} \cong 2$  が成り立つものとする。