

令和 7 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 7 年 3 月 12 日 (水)

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)

真核細胞を観察していると、核内の染色体の様子が細胞によって異なる場合があることに気が付く。体細胞分裂を繰り返している細胞は、①分裂期とそれ以外の間期を順番におこなう。この過程を細胞周期とよび、細胞は細胞周期を繰り返して増殖する。

植物 A から同定された遺伝子 X は、細胞周期の進行を抑制する役割をもっている。遺伝子 X を形質転換によって植物 B に導入し、形質転換個体 C を得た。②形質転換個体 C を通常の条件で栽培すると、遺伝子導入前の野生型個体 (植物 B) と比較して生育が抑制された。なお、植物 A、B および形質転換個体 C は、すべて二倍体とする。

(1) 下線部①に関して、次の a) ～ f) の記述は、体細胞分裂における各段階を示している。記述が該当する分裂の段階 (前期、中期、後期、終期) を解答欄から選んで○で囲んで答えよ。

- a) 染色体が細胞の赤道面に並ぶ
- b) 細い糸状の染色体が高度に凝縮し、棒状の構造になる
- c) 各染色体が 2 つに分かれ、それぞれが両極へ移動する
- d) 凝縮していた染色体がほどけ、核膜が再形成される
- e) 核膜が消失し、染色体が細胞質内に現れる
- f) 核が形成され、細胞質が分裂する

(2) DNA とその分配について、次の g) ～ j) の記述のうち、正しいものには○、間違っているものには×を解答欄に記述せよ。

- g) DNA の 2 本鎖の間では、糖同士が水素結合で結びついている
- h) 1 本鎖の DNA には、アデニンとチミンは同数の割合で存在する
- i) 体細胞分裂では、親細胞と同じ数の染色体をもつ娘細胞が 2 つできる
- j) DNA ポリメラーゼは、新しい鎖を 5' から 3' 方向に合成する

- (3) DNA の半保存的複製過程において、以下の i) ~ iii) は、それぞれ重要な役割や特徴をもつ。i) ~ iii) をそれぞれ説明せよ。

- i) DNA ヘリカーゼの役割
- ii) リーディング鎖が合成されるしくみ
- iii) ラギング鎖が合成されるしくみ

- (4) 下線部②に関して、形質転換個体 C の自家受粉によって得られた種子を植えて通常の条件で栽培すると、野生型（植物 B の表現型）と生育抑制型（形質転換個体 C の表現型）はどのような割合で現れるか。以下の場合の分離比を答えよ。

- i) 形質転換個体 C において、遺伝子 X は、植物ゲノム中に 1 か所、相同染色体の片方にのみ挿入されていたものとする。
- ii) 形質転換個体 C において、遺伝子 X は植物ゲノム中に 2 か所、それぞれが異なる染色体に導入され、かつそれぞれは相同染色体の片方にのみ挿入されていたものとする。また遺伝子 X の導入数による表現型の違いはなく、2 か所の遺伝子座は独立して分離するものとする。

- (5) 形質転換個体 C の組織を固定後、DNA を染色して細胞周期を観察したところ、次の表のようになった。この組織における間期と細胞分裂の中期にかかる時間の長さをそれぞれ求めよ。なお、この組織で細胞周期は同調しておらず、それぞれの時期の細胞数は、その時期にかかる時間の長さに比例するものとする。また形質転換個体 C の細胞周期の長さは 30 時間とする。

表

細胞の状態	個数
間期	240
前期	30
中期	15
後期	6
終期	9
観察したすべての細胞数	300

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)

植物は①光合成によって有機物を生産している。陸上植物はコケ植物、シダ植物および種子植物に分類される。コケ植物やシダ植物は孢子で繁殖し、種子植物は種子により繁殖する。コケ植物には（ア）がない。一方、シダ植物および種子植物には（ア）があるので、これらの植物を（ア）植物という。

コケ植物およびシダ植物には、孢子をつくる孢子体と、配偶子である（イ）と（ウ）をつくる配偶体の 2 つの状態がある。孢子体は核相が複相で、そこから②減数分裂により核相が単相の孢子がつくられる。孢子が発芽すると単相の配偶体となる。シダにおいては（エ）とよばれる配偶体を形成する。（イ）と（ウ）が受精し（オ）になると、そこから孢子体が形成される。

種子植物は、裸子植物と被子植物に分類される。裸子植物の胚珠はむき出しになっているのに対し、被子植物の胚珠は（カ）におおわれている。種子植物における配偶体は雄性の花粉と雌性の③胚のうであり、配偶子は雄性の精細胞と雌性の卵細胞である。裸子植物の一部は雄性配偶子として（イ）がつくられる。被子植物において、花粉がめしべ（雌ずい）の柱頭につくと、花粉から花粉管が発芽する。④花粉管は胚珠を目指して花柱内を伸長し、花粉管の先端が胚のう内に到達すると、花粉管から 2 個の精細胞が胚のう内に放出される。精細胞の 1 個は卵細胞と受精し、（オ）となる。（オ）は分裂を繰り返し、（キ）になる。もう一つの精細胞は中央細胞と融合し、将来、（ク）となる。このような受精様式を重複受精という。

- (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、光合成における光エネルギーの吸収がおこなわれるのは、どの細胞小器官のどの部位か、それぞれの名称を答えよ。
- (3) 下線部②に関して、減数分裂における染色体の乗換えに関する以下の問に答えよ。
 - (i) 減数分裂における染色体の乗換えは、減数分裂のどの時期に起こるのか、解答欄に適切な数字および語句を記入せよ。

- (ii) 染色体の乗換えは、染色体がどのような状態になることにより起こるのか、以下の語句を用いて答えよ。

相同染色体 二価染色体

- (4) 下線部③に関して、「胚のう細胞」から「成熟した胚のう」までの形成過程を以下の語句を含めて記述せよ。また、「成熟した胚のう」に含まれるすべての細胞の名称、個数、およびそれらの「成熟した胚のう」内での位置を記述せよ。

核分裂 珠孔

- (5) 下線部④に関して、一度、花粉管が進入した胚珠には、他の花粉管が来ない現象が知られている。この仕組みを調べるために、シロイヌナズナを用いて以下のような実験をおこなった。

実験 1 重複受精している胚珠と受粉していない花由来の胚珠を取り出し、それぞれ異なる培地上に置いた。その培地に花粉を添加すると、花粉管が発芽し、胚珠のほうに花粉管の先端が向かっていった（花粉管の誘引）。花粉管が到達した胚珠の数を調べたところ、以下の結果となった。なお、どちらの胚珠および花粉も正常なシロイヌナズナ（野生型）のものである

	重複受精した胚珠	受粉していない花由来の胚珠
培地に静置した胚珠の数	254	262
花粉管が到達した胚珠の数	51	262

実験 2 シロイヌナズナの変異体から取り出した胚珠（胚珠 A、胚珠 B、胚珠 C）を用いて、実験 1 と同様の方法で花粉管が到達した胚珠の数を調べたところ、以下の結果となった。なお、それぞれの胚珠は、めしべから取り出す前に、一度、花粉管が進入して、胚のう内への精細胞の放出が起こっている。また、実験に用いた花粉はシロイヌナズナ（野生型）のものである

	胚珠 A	胚珠 B	胚珠 C
培地に静置した胚珠の数	283	276	278
花粉管が到達した胚珠の数	255	139	141

胚珠 A: 受精能力が低下した精細胞をつくるシロイヌナズナ突然変異体 X における重複受精が起こっていない胚珠

胚珠 B: 精細胞を 1 個しか作れないシロイヌナズナ変異体 Y における卵細胞のみと受精した胚珠

胚珠 C: 精細胞を 1 個しか作れないシロイヌナズナ変異体 Y における中央細胞のみと受精した胚珠

実験 1 および実験 2 の結果から、胚珠への花粉管の進入や受精の状態と花粉管誘引に関してどのようなことが考えられるか。下記の a) ~ f) のうちで正しいと考えられるものすべてについて記号で答えよ。

- a) 一度、花粉管が侵入した胚珠は、受精の状態に関わらず、一本目の花粉管を誘引する能力と比較して、二本目の花粉管を誘引する能力は増加する
- b) 重複受精した胚珠は、二本目の花粉管の誘引を抑制している
- c) 卵細胞の受精が二本目の花粉管の誘引抑制の唯一の原因である
- d) 中央細胞の受精が二本目の花粉管の誘引抑制の唯一の原因である
- e) 卵細胞と中央細胞の受精は、それぞれ、独立して二本目の花粉管の誘引抑制に関わっている
- f) 二本目の花粉管の誘引に関して、卵細胞の受精は促進的に、中央細胞の受精は抑制的にはたらいっている

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)

動物は、光や音などの外界からの刺激を受けとる目や耳などの(ア)をもつ。それぞれの(ア)が、よく受けとることができる特定の刺激を(イ)といい、それらの刺激を受けとる細胞を感覚細胞という。ヒトの場合、空気中の化学物質は鼻の(ウ)細胞で受けとり、液体中の化学物質は舌の(エ)細胞で受けとる。このように反応する感覚細胞の違いが感覚の違いになっている。

(ア)からの情報は、脊髄や脳などの(オ)に伝わり、情報が統合されたり、処理されたりする。また、(オ)からの指令は、筋肉などの(カ)に伝えられる。その結果として、動物はさまざまな行動を示し、それぞれの個体に適した条件や環境を選択していると考えられる。

動物の行動には、遺伝的にプログラムされており、①生まれつき備わっている定型的な行動がある。一方で、②生まれてから受けた刺激を経験・学習することで、その後の行動を変化させたり、新しい行動を示したりする場合もある。

- (1) 文章中の(ア)～(カ)に入る最も適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部①のような行動の名称を答えよ。
- (3) 以下のa)～d)の文章について、下線部①の行動に該当するものには○、該当しないものには×で答えよ。
 - a) 繁殖期のイトヨは腹部の赤くなったオスが縄張りに侵入すると攻撃する
 - b) カモのひなは、感受期に見た動く物体などを親と認識し追従する
 - c) 犬がベルの音のみで唾液を分泌する
 - d) ミツバチはエサ場をみつけると仲間にダンスでその情報を伝える
- (4) 下線部②に関して、以下の文章中の(キ)～(ケ)に入る最も適切な語句を答えよ。

アメフラシの尾部に刺激を繰り返し与えて慣れ(馴化)を生じさせたあと、尾部に強い刺激を与えると、尾部の(キ)神経(ニューロン)からその情報を受けとった(ク)神経(ニューロン)が神経伝達物質の放出量を(ケ)させ、反応が増強する。このような現象を鋭敏化とよぶ。

- (5) 学習に関連して、ミツバチに二つのにおいをかぎ分けることができるかを調べるために以下の実験をおこなった。以下の問に答えよ。

実験

ミツバチに条件刺激として、あるにおい A を提示し、その直後に無条件刺激として蜜や水などの報酬を与えて、摂食行動を誘発させた。これを数回繰り返して、条件刺激のみで摂食行動を起こすようになるまで学習させた。

次に、条件刺激として、違うにおい B を提示し、蜜や水などの報酬は与えない実験を繰り返しおこなった。

- i) この実験のように条件刺激と無条件刺激を組合せた学習を何とよぶか答えよ。
- ii) この実験からどのような観察結果が得られたら、ミツバチが二つのにおいをかぎ分けることができると考えられるか説明せよ。

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)

地球上では約 190 万種を超える生物種が確認されているが、このような生物の多様性は、進化や①種分化の結果として生じてきた。その一方で、地球上の全ての生物は共通の祖先をもつと考えられており、生物の基本的な特徴に共通性が認められる。この共通性をもとにグループ分けすることを「分類」という。生物を分類する基本的な単位としては種が用いられており、種を正式に表すには②学名を用いる。さらに、よく似た種を集めて属に、近縁の属を集めて科、その上位を順に目・(ア)・(イ)・界というように段階的に分類されている。また、界の上位にドメインという階層があり、ドメインは、細菌(バクテリア)と(ウ)・(エ)の3つからなる。

生物多様性は、生物の種類が多いことを示す種の多様性だけでなく、同一種の中に多様な(オ)が存在するという(オ)の多様性、さらには多様な生息環境が存在するという(カ)の多様性が考えられる。ところが現在は、人間活動による生物多様性の低下が、世界的な問題となっている。たとえば人間の活動によって、ある生物の生息地の破壊や分断が進むと、個体群内の(オ)の多様性が減少し、血縁度の高い個体間での(キ)交配が起こりやすくなる。これが長く続くと、生存力や繁殖力が低下することがある。また③本来生息しなかった場所に別の場所から人為的に生物がもち込まれることがある。このような生物を、(ク)生物という。一部の(ク)生物は、もともとその地域にいた生物を激減させるだけでなく、絶滅に追いやることもある。

一方で、人間活動の停滞が生物多様性の低下を引き起こす例もある。日本の伝統的な里山では、かつては④人が自然に手を入れることで高い生物多様性が維持されてきたが、現在は過疎化によって里山の荒廃が進んでいる地域も多い。

(1) 文章中の(ア)～(ク)に入る適切な語句を答えよ。

- (2) 下線部①についての記述として正しいものを a) ～ e)の中からすべて選び、記号で答えよ。

- a) 種分化をもたらす生物集団の隔離は、地理的隔離がなければ生じない
- b) 生殖的隔離が成立して新たな種が生じることを種分化という
- c) 種分化が起こる進化は、いずれも大進化とよばれる
- d) 種分化とは 1 つの生物種が 2 つ以上の異なる種に進化する現象をいう
- e) 石川県で栽培されているサツマイモの五郎島金時と紅はるかは、種分化により生じた別の種ではなく、人間が選択して生じた品種である

- (3) 下線部②についての記述として正しいものを a) ～ d)の中からすべて選び、記号で答えよ。

- a) テッポウユリ (学名 *Lilium longiflorum*)、ヤマユリ (*Lilium auratum*)、チゴユリ (*Disporum smilacinum*) は、いずれも同じユリ属である。
- b) 学名の命名方法は国際規約により定められており、属名と種小名を併記する二名法が用いられる。
- c) ヘッケルは種名に二名法を採用し、生物の分類体系を確立した。
- d) 生物学的種概念は互いに交配し子孫を残すことが可能かを基準としているため、種名が同じ生物同士であれば必ず交配により子孫を残すことが可能である。

- (4) 下線部③について、日本のある池では、水生植物のヒシが繁茂し、ヒシに産卵するイトトンボや日本古来の魚が多く生息していたが、池の中にオオクチバス（ブラックバス）とアメリカザリガニがもち込まれた結果、日本古来の魚が非常に少なくなってしまう。そこでオオクチバスを駆除したところ、ヒシが消え、イトトンボもいなくなった。この理由として考えられることを説明せよ。

なお、オオクチバスは大型の肉食魚であり、アメリカザリガニは水生植物を刈りとることが知られている。

- (5) 下線部④について、里山にある森林（里山林）では、人が樹木の伐採や採草などをおこなうことで種の多様性が維持されてきた。この理由として考えられる可能性を、以下の語句すべてを用いて説明せよ。

植物	遷移	かく乱
----	----	-----

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、 $\text{AgCl} = 143$ 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。 $\sqrt{1.8} = 1.3$ とする。

(配点 50 点)

塩化銀 AgCl は水に溶けにくい難溶性塩である。ただし、 AgCl はわずかに水に溶解する。 AgCl の飽和水溶液では、溶解した微量の AgCl は Ag^+ と Cl^- に完全に電離しており、固体の AgCl と溶解平衡が成り立っている。このとき、 Ag^+ と Cl^- のモル濃度 $[\text{mol/L}]$ の積を溶解度積 K_{sp} といい、次の式で表される。

$$K_{\text{sp}} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$$

K_{sp} は温度が変わらなければ常に一定であり、 AgCl を含むハロゲン化銀の K_{sp} を次の表に示す。

表 ハロゲン化銀の K_{sp}

ハロゲン化銀	温度 $[\text{°C}]$	溶解度積 $K_{\text{sp}} (\text{mol/L})^2$
AgCl	25	1.8×10^{-10}
AgBr	25	5.2×10^{-13}
AgI	25	2.1×10^{-14}

(1) 25 °C でのハロゲン化銀の性質について、(ア) ～ (オ) の記述は正しいか誤っているか。解答欄の語句を○で囲んで答えよ。

- (ア) 水への溶解度は、臭化銀よりもヨウ化銀のほうが小さい。
- (イ) 塩化銀は、水よりも塩化ナトリウム水溶液によく溶ける。
- (ウ) 塩化銀は、アンモニア水に溶ける。
- (エ) ヨウ化銀の沈殿は白色である。
- (オ) ハロゲン化銀に光を当てると、分解して銀の粒子が遊離する。

(2) 25 °C において、 AgCl の飽和水溶液中の Ag^+ のモル濃度 $[\text{mol/L}]$ を求めよ。

- (3) 25 °C において、AgCl の飽和水溶液 100 mL をつくるために最小限必要な AgCl の質量 [g] を求めよ。
- (4) 25 °C において、pH 3.0 の塩酸に、固体の AgCl を薬さじ一杯入れ、よくかくはんしたのち、十分に長い時間置いたところ、固体の AgCl が沈殿した。この水溶液中に溶けている Ag^+ のモル濃度 [mol/L] を求めよ。ただし、AgCl を加えたことによる溶液の体積変化はないものとする。
- (5) 25 °C において、 1.0×10^{-4} mol/L の硝酸銀水溶液 50 mL に対して、 4.0×10^{-6} mol/L の塩化カルシウム水溶液 50 mL を加えた。このとき、以下の問 (a) (b) に答えよ。ただし、塩化カルシウムは水溶液中ですべて電離しているものとする。
- (a) 硝酸銀と塩化カルシウムから AgCl が生成する反応の化学反応式を記せ。
- (b) この操作で AgCl の沈殿が生成するかどうかを判断して、解答欄の語句を○で囲んで答えよ。また、そのように判断した理由を、計算過程を明示して答えよ。

化学基礎・化学

問題 2 次の文章を読み、以下の間に答えよ。ただし、 $H = 1.0$ 、 $N = 14$ 、 $O = 16$ 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。

(配点 50 点)

窒素 N_2 は、常温では化学的に安定な無色、無臭の気体であり、空気の体積の約 78 % を占めている。単体の窒素は、常温では化学反応を起こしにくい、高温・高圧ではいろいろな化合物をつくる。窒素肥料、硝酸、尿素の製造などに用いられているアンモニアは、工業的には (ア) 法によって、窒素と水素から直接合成される。

火薬、染料、医薬品の製造などに広く使われている硝酸は、工業的には以下に示す (イ) 法によってつくられる。

反応 1: (ウ) を触媒とし、アンモニアを酸化して一酸化窒素をつくる。

反応 2: 一酸化窒素をさらに酸化して、二酸化窒素をつくる。

反応 3: 二酸化窒素を温水に吸収させて、硝酸をつくる。

反応 3 で生成した一酸化窒素は、反応 2 と反応 3 を繰り返して、最終的にすべて硝酸になる。

- (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) 実験室において、一酸化窒素および二酸化窒素を発生させたとき、それぞれの捕集方法を答えよ。また、それぞれと同じ方法で捕集する気体を次の枠の中から選んで、答えよ。

アンモニア	窒素	塩素
-------	----	----

- (3) 反応 1~反応 3 の反応を、それぞれ化学反応式で記せ。
- (4) 反応 1~反応 3 の反応を一つにまとめた化学反応式を記せ。
- (5) 濃硝酸 (質量パーセント濃度 70 %、密度 1.42 g/cm^3) 1.0 L を製造するために最小限必要なアンモニアの質量 [g] を求めよ。ただし、すべての反応が完全に進んだとする。

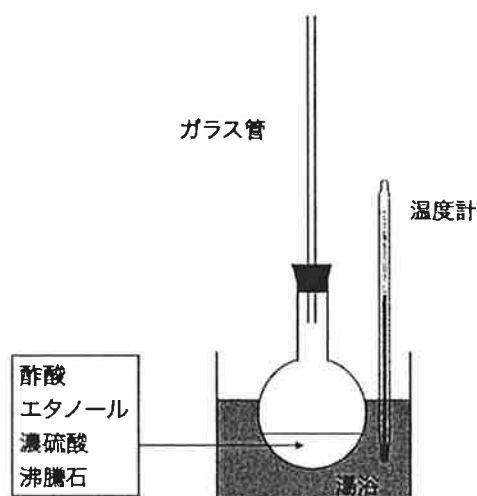
化学基礎・化学

問題 3 次の文章を読み、以下の問に答えよ。ただし、原子量は $H = 1.0$ 、 $C = 12$ 、 $N = 14$ 、 $O = 16$ とする。エタノールの密度は 0.8 g/cm^3 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)

カルボン酸とアルコールから水分子がとれて縮合すると、エステル結合が生じる。このように酸とアルコールが縮合して生じる化合物を一般にエステルといい、この反応をエステル化という。

次の図の装置を用いて、酢酸エチルを合成して分離する実験をおこなった。丸底フラスコに酢酸 120 g とエタノール 300 mL を入れ、さらに、沸騰石と①少量の濃硫酸を加えた。丸底フラスコを湯浴で 1 時間加熱したのち、室温まで冷却した。次に、丸底フラスコ内の溶液を冷水に注ぐと、水層と有機層の二層に分離した。その後、分液ロートを用いて酢酸エチルを含む溶液を回収し、純粋な酢酸エチルを得た。



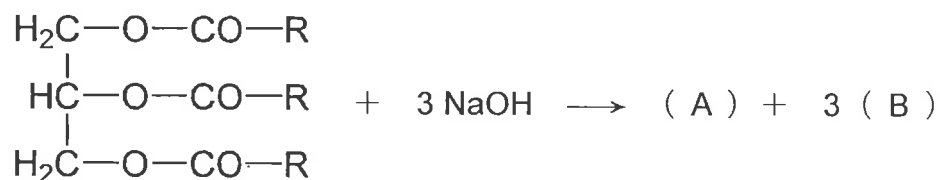
- (1) 酢酸とエタノールから酢酸エチルが生成する反応の化学反応式を記せ。
- (2) この実験で酢酸が完全に反応して得られる酢酸エチルの物質質量 [mol] を求めよ。

- (3) 下線部①の操作において、濃硫酸の役割を簡潔に説明せよ。
- (4) 図の装置において、ガラス管の役割を簡潔に説明せよ。
- (5) 次のセッケンに関する文章について、以下の問に答えよ。

油脂はグリセリンと高級脂肪酸のエステルである。②油脂と水酸化ナトリウムを反応させると、グリセリンと高級脂肪酸のナトリウム塩（セッケン）が得られる。この反応を（ア）化という。

セッケンを水に溶かすと、水溶液中のセッケンの高級脂肪酸イオンは、（イ）性部分を内側に、（ウ）性部分を外側にして多数集まり、コロイド粒子として存在する。これをセッケンの（エ）といい、（オ）の電荷を帯びた粒子として水中に分散している。また、液面にあるセッケンの高級脂肪酸イオンは水の表面張力を（カ）するはたらきをもつ。よって、セッケン水は水よりも繊維のすき間にしみこみやすい。また、セッケン水に油を入れて振り混ぜるとセッケンが油のまわりを取り囲み、水中に分散して乳濁液となる。これを（キ）作用という。これらの作用によりセッケンは洗浄作用を示す。しかし、③カルシウムイオンを多く含む水ではセッケンの洗浄作用は低下する。

- (a) 文中の空欄にあてはまる最も適切な語句を答えよ。
- (b) 下線部②の反応は次の反応式で表すことができる。A と B の示性式を記せ。ただし、R は高級脂肪酸の炭化水素基である。



- (c) 下線部③の原因となる反応をイオン反応式で記せ。ただし、高級脂肪酸の炭化水素基は R と表記せよ。

化学基礎・化学

問題 4 次の文章を読み、以下の間に答えよ。ただし、 $\log_{10}2 = 0.30$ 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)

松脂（まつやに）や漆（うるし）など、植物から得られる油脂状の物質を天然樹脂という。一方、高分子化合物を主成分とし、天然樹脂に似た性質をもつものを合成樹脂という。合成樹脂には、加熱により軟化し、冷却によって硬化する性質をもつ（ア）樹脂と、加熱により硬化する（イ）樹脂に分類される。

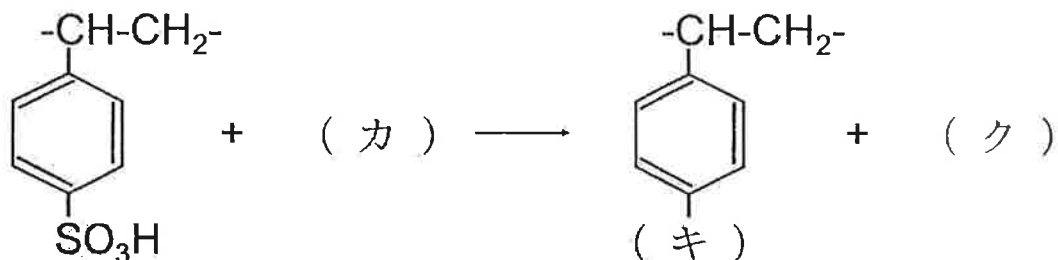
溶液中にあるイオンを別の種類のイオンと取り換えるはたらきをもつ合成樹脂をイオン交換樹脂という。スチレンと *p*-ジビニルベンゼンの共重合体を濃硫酸と反応させて、分子中に多くのスルホ基 $-\text{SO}_3\text{H}$ を持つ（ウ）イオン交換樹脂（樹脂 A）を作製した。次に、樹脂 A を用いて以下の操作をおこなった。

[操作 I] 50 mL の樹脂 A をガラス管に詰めたのち、ガラス管の上端から希塩酸を徐々に流すことで樹脂 A の官能基に結合しているイオンをすべて水素イオンに交換した。その後、電解質などの不純物をほとんど含まない水（脱イオン水）を流して洗浄した。ガラス管の下端から流出した液を一定間隔で採取し、メチルオレンジを数滴加え、呈色を観察した。流出液の呈色が（エ）から（オ）に変化するまで洗浄を続けた。

[操作 II] [操作 I] で作製したガラス管の上端から、5.0 mL の①0.040 mol/L 塩化ナトリウム NaCl 水溶液を流し、さらに脱イオン水により洗浄し、②下端からの流出液をすべて集めた。

(1) 文中の空欄（ア）～（オ）にあてはまる最も適切な語句を答えよ。なお、（ウ）～（オ）については解答欄の語句を○で囲んで答えよ。

- (2) 下線部①について、樹脂 A に NaCl 水溶液を流した際の変化は以下のイオン反応式により説明される。式中の空欄 (カ) ~ (ク) にあてはまる最も適切な化学式またはイオン式を答えよ。



- (3) 下線部②について、集めた流出液をすべて 100 mL メスフラスコに移し、標線まで脱イオン水を加えた。この溶液の pH を求めよ。ただし、樹脂 A はイオンを完全に交換するものとする。
- (4) (3)のメスフラスコ中の溶液のうち 50 mL を三角フラスコに取り、0.025 mol/L 水酸化ナトリウム NaOH 水溶液で中和した。このとき、最小限必要な NaOH 水溶液の体積 [mL] を求めよ。
- (5) 操作 I と同様にして、樹脂 A が詰まったガラス管を 3 本作製した。それぞれの上端から、下記の溶液 (あ) ~ (う) を流し、下端からの流出液をすべて集めた。以下の問(a)、(b)に答えよ。ただし、溶液 (あ) ~ (う) に含まれるアラニンの濃度はすべて等しく、アラニンの等電点は 6.0 とする。

溶液 (あ) : アラニンを溶かした 0.10 mol/L 塩酸

溶液 (い) : アラニンを溶かした脱イオン水

溶液 (う) : アラニンを溶かした 0.10 mol/L NaOH 水溶液

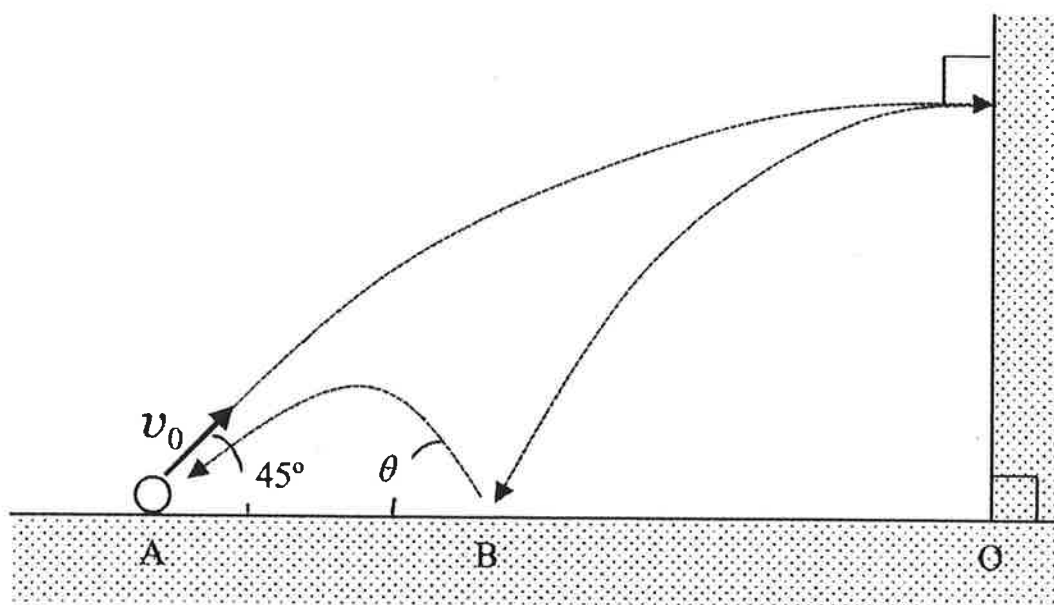
- (a) 溶液 (あ) ~ (う) に含まれるアラニンについて、最も多く存在するものはどれか。解答欄の構造式を○で囲んで答えよ。
- (b) 溶液 (あ) ~ (う) を流したそれぞれのガラス管のうち、流出液に含まれるアラニンの濃度が最も小さいのはどれか、(あ) ~ (う) の記号で答えよ。ただし、双性イオンは樹脂 A に捕えられないものとする。

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、計算過程も含めて解答すること。

(配点 50 点)

下図のように、なめらかで水平な床面上の点 A から仰角 45° 、速さ v_0 でボールを投げると、床面上 O の位置にある鉛直でなめらかな壁に垂直に衝突し、はね返って床面上の点 B に落下した。ボールは点 B では水平面から角度 θ の方向にはね返り、点 A に落下した。ボールを投げてから壁と衝突するまでの時間は t_1 、壁と衝突してから点 B に落下するまでの時間は t_2 であった。重力加速度は g 、床および壁とボールとの間の反発係数は e 、空気抵抗は無視できるものとする。



- (1) AO 間の距離を求めよ。ただし t_1 を用いて答えよ。
- (2) BO 間の距離を求めよ。ただし t_2 を用いて答えよ。
- (3) t_1 および t_2 を求めよ。
- (4) $\tan \theta$ を求めよ。
- (5) e を求めよ。

物理基礎・物理

問題2 以下の間に答えよ。なお、計算過程も含めて有効数字2桁で解答すること。

(配点 50 点)

- (1) 次の文章中の (ア)、(イ) にあてはまる適切な語句を答えよ。また、(ウ) ～ (オ) にあてはまる適切な式を答えよ。

理想気体とみなせる単原子分子は熱運動のエネルギーとして、(ア) 運動の運動エネルギーをもつ。理想気体とみなせる二原子分子は(ア) 運動の運動エネルギーに加えて、(イ) 運動の運動エネルギーをもつ。

温度 T_1 [K] の理想気体 n [mol] について考えるとき、二原子分子の(イ)運動の運動エネルギーは気体定数 R [J/(mol・K)] を用いて(ウ) と表されることが知られているので、(ア) 運動の運動エネルギーの(エ)を加えて、 n [mol] の二原子分子の運動エネルギーの総和は(オ) のように表される。

- (2) 外部との熱の出入りがなく、熱容量が無視できる容器中に単原子理想気体を $n = 0.40$ mol 封入した。さらに、容器のピストンを押し込んで、気体に対して $W = 249$ J の仕事をすると、封入された気体の温度が上昇した。このときの気体の温度変化の大きさ ΔT [K] を求めよ。なお、気体定数を $R = 8.3$ J/(mol・K) とする。
- (3) $T_0 = 0$ °C のときに $L_0 = 10.0$ cm であったアルミニウム棒の温度が $T_1 = 25$ °C で L_1 [cm] になった。この過程で伸びた長さ $\Delta L (= L_1 - L_0)$ [cm] を求めよ。ただし、線膨張率 α は、長さが L の物質について温度が ΔT だけ変化したときの長さの変化量を ΔL とするとき、 $\alpha = (1/L) \times (\Delta L / \Delta T)$ で定義され、アルミニウムの線膨張率は $\alpha = 2.3 \times 10^{-5}$ [1/K] とする。
- (4) 線膨張率が α [1/K]、体膨張率が β [1/K] である物質について、0 °C において一辺が L [m] の立方体の 0 °C から T_2 [°C] までの温度変化における体積の変化を2つの膨張率を用いてそれぞれ求めた後、 $1 \gg \alpha T_2$ の関係を用いて $\beta = 3\alpha$ の関係を示せ。ただし、 $1 \gg |x|$ のとき、 $(1+x)^n \approx 1 + nx$ であり、線膨張率および体膨張率は温度に依存しないものとする。

物理基礎・物理

問題 3 以下の問に答えよ。ただし、電子の電荷は $-e$ [C]、真空の透磁率は μ_0 [N/A²]、円周率は π とする。

(配点 50 点)

- (1) 次の文章の (ア) ~ (コ) の空欄にあてはまる最適な答えを、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。

図 1 に示すように真空中に十分長い平行直線導線 1、2 が距離 r [m] を隔てて配置されている。互いに直交する x 軸、 y 軸、 z 軸を図 1 のようにとる。ここで導線 1 と導線 2 は xz 面内にあり z 軸と平行である。また、 y 軸正の向きは図 1 の紙面表から裏に向かう向きにとる。 z 軸正の向きに導線 1 に I_1 [A]、導線 2 に I_2 [A] の電流が流れており、 $I_1 > I_2 > 0$ の関係がある。そして導線 1 からの距離と導線 2 からの距離がともに $\frac{r}{2}$ [m] の位置を点 P とする。

導線 1 の電流が導線 2 の位置につくる磁束密度の大きさは (ア) [T] である。導線 1 の電流が導線 2 の位置につくる磁場の向きは、(イ) により (ウ) である。よって導線 2 が導線 1 の電流から受ける力の向きは (エ) により (オ) である。

導線 1 の電流が点 P の位置につくる磁場は、向きが (カ) で磁束密度の大きさが (キ) [T] である。また、導線 2 の電流が点 P の位置につくる磁場は、向きが (ク) で磁束密度の大きさが (ケ) [T] である。よって、点 P の位置での磁束密度の大きさは (コ) [T] となる。

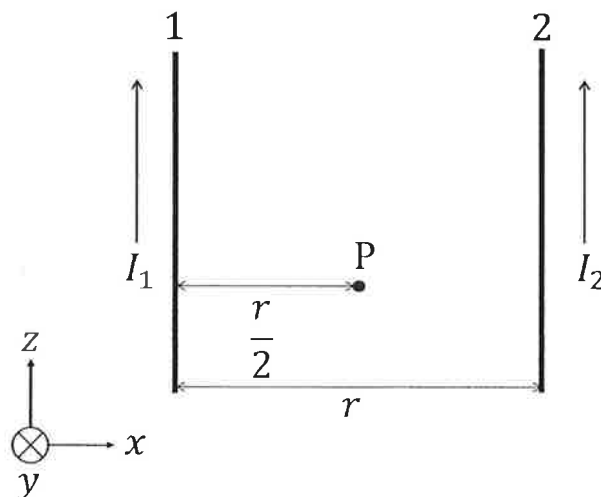


図 1

- (2) 次の文章の（サ）～（ソ）の空欄にあてはまる最適な答えを、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。

図 2 のように真空中に互いに平行で同一平面内にある十分長い直線導線 1、2、3 がある。導線 3 は導線 1 と導線 2 の間にあり、導線 1、2 間の距離は 5.0 m、導線 1、3 間の距離は a [m] で、導線 1 には 4.0 A、導線 2 には 1.0 A の同じ向きの電流が流れ、導線 3 にはこれらとは逆向きに 1.0 A の電流が流れている。

導線 1 が導線 3 に対して及ぼす力は、向きが（サ）で大きさが 1 m あたり（シ）[N] である。導線 2 が導線 3 に対して及ぼす力は、向きが（ス）で大きさが 1 m あたり（セ）[N] である。よって、導線 3 に対して、導線 1 が及ぼす力と導線 2 が及ぼす力が釣りあうための a の値は（ソ）[m] となる。

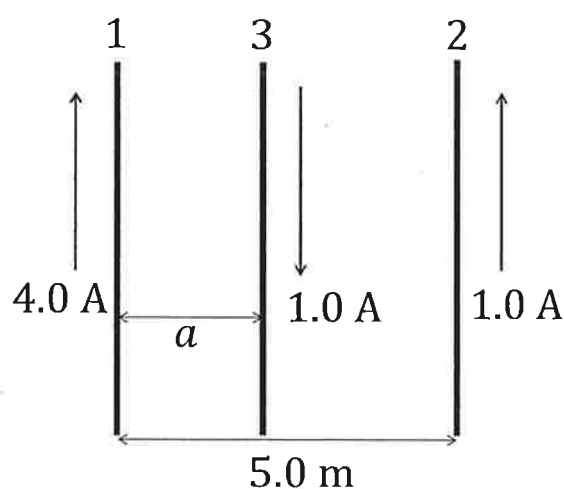


図 2

- (3) 次の文章の (タ) ～ (ト) の空欄にあてはまる最適な答えを、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。

図 3 のように I [A] の電流が流れている十分長い直線導線と、これに平行方向に速さ u [m/s] で等速直線運動している長さ d [m] の導体棒が真空中にある。導体棒は導線と同一平面内にあり、その長さ方向は導線と垂直で、その中点 C は導線から距離 b [m] の位置にある。導体棒中の電子が受けるローレンツ力は導体棒中の位置により変化するが、 d が b に比べて十分小さい場合は中点 C で電子が受けるローレンツ力で近似できる。この近似を用いて、導体棒の両端間に生じる電位差の大きさを求めたい。ただし、十分な時間が経過した場合を考える。

導体棒中の電子が受けるローレンツ力は、向きが (タ) で大きさが (チ) [N] である。電子の偏りによって導体棒中に作られる電場の大きさを E [N/C] とすると、 $E =$ (ツ) となる。よって、導体棒の両端間に生じる電位差の大きさを V [V] とすると、 $E =$ (テ) より $V =$ (ト) となる。

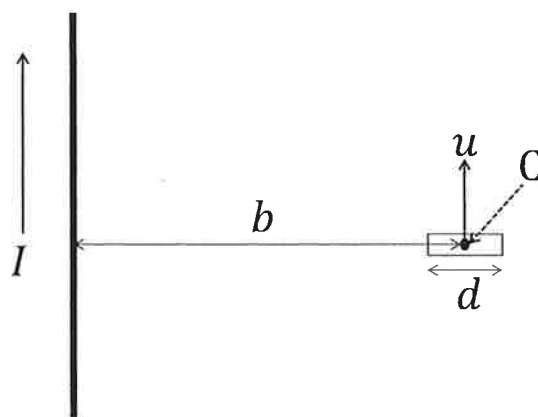


図 3

物理基礎・物理

問題 4 次の文章を読んで以下の問に答えよ。

(配点 50 点)

原子は、中心に 1 個の原子核とそのまわりを取り巻く (ア) からできている。原子核は (イ) の電荷をもつ (ウ) と電荷をもたない (エ) からなる。(ウ) と (エ) を総称して (オ) という。(ア) は (カ) の電荷をもつ。(ア) と (ウ) の電気量の大きさは厳密に等しく、約 $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ である。これを (キ) という。

元素 (原子の種類) は原子核の中の (ウ) の数で決まり、その数を原子番号という。また、原子核の中の (ウ) の数と (エ) の数の和でおよその原子の質量が決まるので、その和を質量数という。

原子番号が同じでも、質量数が異なる原子を互いに (ク) という。(ク) は、互いを区別するため炭素 12、炭素 13、炭素 14 などと、元素名の後に質量数を示して表す。

放射線には、 α 線、 β 線、 γ 線がある。 α 線の正体は、(ケ) である。 β 線の正体は (コ) である。 γ 線の正体は (サ) である。電離作用 (物質に当たると物質中の原子から (ア) を引き剥がしてイオンを作る作用) を強い順に並べると (シ) となる。また、透過力 (物質を通り抜ける能力) の強さは、大きい順に並べると (ス) となる。

不安定な原子核が放射線を放出して、他の原子核に変わることを (セ) という。放射線を放出する物質を (ソ) といい、放射線を放出する性質を (タ) という。(タ) の強さは単位時間に崩壊する原子核の数で表され、単位として (チ) を用いる。

- (1) (ア) ~ (チ) の空欄に入る最も適切な解答を、それぞれの解答群から選んで答えよ。ただし、(シ)、(ス) については解答群の番号で答えよ。なお、異なる空欄に同じ解答を用いることもできる。

(ア) の解答群

核子、クォーク、中間子、中性子、電子、ニュートリノ、陽子

(イ) の解答群

正、負

(ウ) ~ (オ) の解答群

核子、クォーク、中間子、中性子、電子、ニュートリノ、陽子

(カ) の解答群

正、負

(キ)、(ク) の解答群

中性子数、電気素量、同位体、比電荷、陽子数

(ケ) ～ (サ) の解答群

水素の原子核、ヘリウムの原子核、リチウムの原子核、ネオンの原子核、
高速の電子、中性子、波長の短い電磁波、X線

(シ)、(ス) の解答群 (番号で答えよ)

- ① α 線 > β 線 > γ 線、 ② α 線 > γ 線 > β 線、 ③ β 線 > α 線 > γ 線、
④ β 線 > γ 線 > α 線、 ⑤ γ 線 > α 線 > β 線、 ⑥ γ 線 > β 線 > α 線

(セ) ～ (タ) の解答群

放射能、放射性崩壊、放射性、放射性物質

(チ) の解答群

グレイ(Gy)、シーベルト(Sv)、ベクレル(Bq)

- (2) ヨウ素 131 の半減期は 8.0 日である。48 g のヨウ素 131 は、16 日後には何 g になるか、考え方も含めて答えよ。
- (3) α 崩壊と β 崩壊において、原子番号と質量数がどのように変化するかを答えよ。
- (4) ウラン 238 (原子番号 92) は、 α 崩壊と β 崩壊を繰り返し鉛 206 (原子番号 82) になる。 α 崩壊と β 崩壊がそれぞれ何回起こるか。考え方も含めて答えよ。