

令和6年度 入学試験問題

医学部 (Ⅱ期)

理科

注意事項

1. 試験時間 令和6年3月2日、午後1時30分から3時50分まで
2. 配付した試験問題(冊子)、解答用紙の種類はつぎのとおりです。
 - (1) 試験問題(冊子、左折り)(表紙・下書き用紙付)
 - 化学(その1)、(その2)
 - 生物(その1)、(その2)
 - 物理(その1)、(その2)
 - (2) 解答用紙
 - 化学(その1) 1枚(上端赤色)(右肩落し)
 - 〃 (その2) 1枚(上端赤色)(左肩落し)
 - 生物(その1) 1枚(上端緑色)(右肩落し)
 - 〃 (その2) 1枚(上端緑色)(左肩落し)
 - 物理(その1) 1枚(上端青色)(右肩落し)
 - 〃 (その2) 1枚(上端青色)(左肩落し)

以上の中から選択した2科目(受験票に表示されている)が配付されています。
3. 下書きが下書き用紙で足りなかったときは、試験問題(冊子)の余白を使用して下さい。
4. 試験開始2時間以降は退場を許可します。但し、試験終了10分前からの退場は許可しません。
5. 受験中にやむなく途中退室(手洗い等)を望むものは挙手し、監督者の指示に従って下さい。
6. 休憩のための途中退室は認めません。
7. 退場の際は、この試験問題(冊子)を一番上のにせ、挙手し、監督者の許可を得てから、受験票、試験問題(冊子)、下書き用紙および所持品を携行の上、退場して下さい。
8. 試験終了のチャイムが鳴ったら、直ちに筆記をやめ、おもてのまま上から解答用紙(選択した2科目の解答用紙、計4枚、化学(その1)、化学(その2)、生物(その1)、生物(その2)、物理(その1)、物理(その2))、試験問題(冊子)の順にそろえて確認して下さい。

確認が終っても、指示があるまでは席を立たないで下さい。
9. 試験問題(冊子)と下書き用紙は持ち帰って下さい。
10. 試験終了後の会場退室に当たっては、誘導の指示に従って下さい。

令和6年度医学部一般選抜入試（Ⅱ期）

一次 入学試験

問題文 訂正

生物（その2）

問題冊子 P. 16

4

（追加訂正）

問題文 11 行目

誤 この説では（キ）の単細胞生物の中に

正 この説では（オ）の単細胞生物の中に

問題文 12 行目

誤 （ク）細菌が入り込んで・・・

正 （カ）細菌が入り込んで・・・

化 学 (その1)

注 意 事 項

1. 解答は所定の解答用紙の解答欄に記入せよ。
2. 問題 **1** ~ **4** を通じ、その必要があれば、次の数値を用いよ。

原子量 H : 1.00, C : 12.0, N : 14.0, O : 16.0, Br : 80.0

1

炭素および水素のみで構成され、ベンゼン環を有する分子量 106 の構造異性体 A, B および C を含む溶液がある。A, B および C に紫外線を照射しながら塩素を通じたところ、それぞれ 1 塩素置換体が得られ、A からは複数の構造異性体が検出されたが、B および C からは 1 種類の塩化物しか検出されなかった。さらに、A, B および C を含む溶液に鉄粉を触媒として塩素を作用させたところ、それぞれ 1 塩素置換体が得られ、A および B からは複数の塩化物の構造異性体が生じたが、C からは 1 種類の塩化物しか検出されなかった。また、化合物 B を適切な条件で酸化し、生じた B' を加熱すると酸無水物が得られた。

問 1 次の設問に答えよ。なお、本設問では塩素化の際の配向性は無視できるものとする。

- 1) 解答欄の A, B および C の化学構造式を完成させよ。
- 2) 下線部(ア)について、A および B の塩化物として想定される構造異性体の数を答えよ。
- 3) 下線部(イ)の化合物名を答えよ。

問 2 C を適切な条件で酸化したところ、カルボキシ基を有する化合物 C' が得られた。化合物 C' にエチレングリコールを加えて適切な条件で反応させると、ポリエステル的一种である 合成樹脂 D が生成した。D は加熱により軟化し、冷却すると再び硬化する性質を持つこと^① がわかっている。^②

1) つぎの空欄に入る適切な語句を漢字 2 文字で答えよ。

①の反応様式は 重合である。

2) ②の性質を漢字 4 文字で答えよ。

3) C' に C' と等しい物質量のエチレングリコールを反応させたところ、D の収量は 57.6 g であった。この収量は、C' がすべて反応した際に得られると予想される収量の 80.0 % であった。D の重合度は十分に大きいものとして、反応に用いた C' の量 (g) を計算せよ。数値は四捨五入のうえ有効数字 3 桁として解答欄に記入せよ。

4) 重合体 D を 0.80 g 量り取り、適当な溶媒に溶かして 500 mL の溶液とし、この溶液の浸透圧を 27 °C で測定したら 1.60×10^2 Pa を示した。アボガドロ定数 N_A を $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$ 、気体定数 R を $8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ とし、ファンツホッフの法則が成立するものとして、D の分子量および重合度を計算せよ。数値は四捨五入のうえ有効数字 3 桁として解答欄に記入せよ。

あたらしく有機化合物を合成したり、発見した場合、その構造を知ることが重要である。試料を分離・精製し、元素分析を行うことにより、成分元素の原子の数を最も簡単な整数比で表した (a) を決定できる。さらに、目的とする化合物の分子量が決定すると分子式が同定できる。ここから (b) を導き出すためには、化合物の化学的な性質や物理的な性状を検討し、含まれる官能基を特定する必要がある。分子式が同じだが、(b) が異なる化合物は互いに (c) 異性体とよばれる。一方、分子式も (b) も同じで、立体配置が異なる化合物は互いに (d) 異性体とよばれる。

近年では、有機化合物の構造決定にも質量分析や核磁気共鳴が応用されることが多くなり、複雑なタンパク質や脂質化合物も比較的容易に分析できるようになってきた。

問 1 a ~ d に該当する正しい語句を答えよ。なお、a および b には化学式の種類が該当する。

問 2 次の設問に答えよ。

- 1) 次の表は、元素分析を行う際に水素、炭素、窒素、硫黄元素の有無を確認する方法をまとめたものである。生成物の検出反応の結果、①~④の色を示している物質の化学式を答えよ。

元素	操作	生成物の検出反応の例
H	酸化銅(II)を用いて完全燃焼させる。	生成物を白色の硫酸銅(II)無水物に混ぜると、 <u>青色</u> に変化する。①
C		生成物を石灰水に混ぜると、 <u>白濁</u> する。②
N	水酸化ナトリウムまたはソーダ石灰とともに加熱する。	生成物に濃塩酸をつけると、 <u>白煙</u> を生じる。③
S	単体のナトリウムまたは水酸化ナトリウムとともに加熱する。	生成物を水に溶かし、酢酸で酸性にしたのち、酢酸鉛(II)水溶液を加えると、 <u>黒色沈殿</u> を生じる。④

- 2) 黒く焼いた銅線に試料をつけ、ガスバーナーの炎で加熱すると青緑色の銅の炎色反応が認められた。この試料には何が含まれると想定されるか答えよ。

3) 未知の炭化水素を含む試料に臭素水を加えて振ると、はじめは赤褐色だった溶液の色が消失して透明になった。この反応は炭化水素のどのような構造に起因すると推定されるか答えよ。また、色が変わった理由について25文字以内で答えよ。なお、理由にはかならず反応の名称を明記すること。

問 3 気化させて100 mLとしたある炭化水素と酸素1.00 Lを混合し、完全に燃焼させ、さらに完全に乾燥させたところ、体積は800 mLとなった。さらに、この気体を水酸化カリウム水溶液に通じて、残った気体を完全に乾燥すると、体積は400 mLとなった。この炭化水素の分子式を答えよ。なお、本設問に限り酸素は水溶液に移行しないものとし、気体の体積はすべて同温同圧下で測った値であるものとする。

問 4 分子量が不明であっても、対象とする分子の情報などから分子式が判明する場合もある。次の問いに答えよ。

1) (a)が C_2H_5O であらわされる化合物の分子式を答えよ。

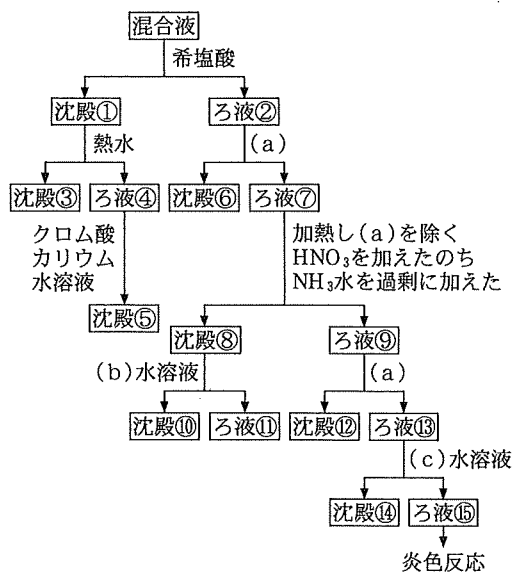
2) 不飽和炭化水素 X は分子式が C_nH_{2n-2} で表され、X 1 mol は臭素 2 mol と反応することが判明している。X 41.0 g を臭素と反応させたところ、臭化物が 201 g 得られた。X の分子式を特定せよ。

化 学 (その2)

3

Ag^+ , Al^{3+} , Ca^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} , Na^+ , Pb^{2+} , Zn^{2+} の 8 種類の金属イオンを含む混合液に以下の操作を順次行った(右図)。各操作でイオンは完全に分離できたものとする。

以下の問いに答えよ。



A.

混合液に希塩酸を加えたところ白色の沈殿①が得られたので、ろ過により沈殿①とろ液②に分けた。沈殿①に熱水を加えた溶液を再びろ過し、沈殿③とろ液④に分けた。

問 1 沈殿③を化学式で答えよ。

問 2 ろ液④にクロム酸カリウム水溶液を加えると沈殿⑤が得られた。沈殿⑤の化学式と沈殿の色を答えよ。

B.

ろ液②には Cu^{2+} イオンが含まれている。ろ液②から Cu^{2+} イオンを分離するために (a) をろ液②に通じたところ沈殿物が得られたため、ろ過により沈殿⑥とろ液⑦に分けた。

問 1 ろ液②に通じた (a) を化学式で答えよ。

問 2 沈殿⑥の化学式と沈殿の色を答えよ。

C.

ろ液⑦を加熱し、混合液中の(a)を除いた。その後、混合液に HNO_3 を加え、さらに NH_3 水を過剰に加えたところ沈殿物が得られたため、ろ過により沈殿⑧とろ液⑨に分けた。沈殿⑧には2種類の金属イオンが含まれている。その2つを分離するために(b)水溶液を加えたところ、沈殿⑩とろ液⑪に分けられた。

問 1 沈殿⑧に含まれる2種類の金属イオンを分離するために用いた(b)水溶液に該当するものを以下の(ア)～(オ)から一つ選び記号で答えよ。

- (ア) HCl (イ) HCOOH (ウ) H_2SO_4
(エ) NaHCO_3 (オ) NaOH

問 2 沈殿⑩の化学式に該当するものを以下の(ア)～(オ)から一つ選び記号で答えよ。

- (ア) $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3$ (イ) $\text{Al}(\text{OH})_3$ (ウ) FeCO_3
(エ) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (オ) FeSO_4

問 3 ろ液⑪には混合液に含まれていた8種類の金属のいずれかが錯イオンの形で存在している。ろ液⑪にて分離された錯イオンを化学式で記せ。

D.

ろ液⑨に再び(a)を加えたところ、沈殿⑫とろ液⑬に分けることができた。

問 1 沈殿⑫はろ液⑨に含まれていた亜鉛が(a)との反応により生成された物質である。(a)と反応する前には、ろ液⑨中の亜鉛は錯イオンの形で溶解していた。ろ液⑨中の亜鉛の錯イオンを化学式で記せ。

E.

ろ液⑬に(c)水溶液を加えると沈殿⑭が得られたため、ろ過によりろ液⑮と分けることができた。

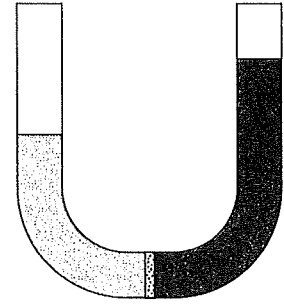
問 1 ろ液⑬に加えた(c)水溶液の化学式を答えよ。

問 2 沈殿⑭の化学式と沈殿物の色を答えよ。

問 3 ろ液⑮に含まれる金属イオンは炎色反応によって特徴的な色を示す。ろ液⑮に含まれる金属イオンの炎色反応の色を答えよ。

問 1 用意したアクリロニトリルと 1,3-ブタジエンの全量を共重合させることによりアクリロニトリルブタジエンゴムを合成した。合成されたアクリロニトリルブタジエンゴム 16.0 kg 中に、質量パーセントで 14.0 % の窒素が含まれているとした場合、用意した 1,3-ブタジエンは何 kg であったか。四捨五入のうえ有効数字 3 桁で答えよ。

問 2 半透膜で仕切られた左右対称で断面積が 2.00 cm^2 の U 字管の右側に非電解質の物質 1.38 g 含む水溶液 100 mL を、また左側には純水 100 mL を入れ、直ちに U 字管の左右の上部(両口)を閉じた。これらの作業は大気圧下で行われ、両口を閉じた瞬間の U 字管内の水溶液の液面は、左右ともに U 字管の上端(閉鎖した蓋)から 12.0 cm であった。



この U 字管を 27°C でしばらく放置すると、右側の水溶液の液面が純水側の液面(左側)より 8.00 cm 高くなった。水溶液と純水の浸透平衡状態における密度はともに 1.00 g/cm^3 、水溶液ならびに水の蒸気圧、空気の水への溶解は無視でき、気相の温度は一定であるとした場合、この物質の分子量を整数で答えよ。小数点以下の値が出た場合には四捨五入せよ。

ただし必要があれば次の数値を用いよ。

水銀の密度は 13.6 g/cm^3 、大気圧は $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ ($= 76.0 \text{ cmHg}$)、気体定数 $R = 8.30 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とする。

問 3 容積が 6.0 L で一定の密閉容器にプロパン(C_3H_8)と酸素を入れ 27°C に保ったところ $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ となった。この密閉容器内でプロパンを完全燃焼させたのち、再び 27°C に温度を戻し一定時間置いたところ容器内の圧力は $6.3 \times 10^4 \text{ Pa}$ になり、容器内には水滴が生じていた。

容器内の酸素はプロパンを完全燃焼させるために十分な量であった。生じた水滴の体積は無視できるものとしたとき、燃焼前のプロパンと酸素の物質質量[mol]を四捨五入のうえ有効数字 2 桁で求めよ。

なお、 27°C の飽和水蒸気圧は $3.0 \times 10^3 \text{ Pa}$ 、気体定数を $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とする。

問 4 面心立方格子の結晶構造をもつある金属は、格子内に含まれる原子の半径が 1.41×10^{-8} cm であり、密度は 2.8 g/cm^3 であった。この原子の原子量を四捨五入のうえ有効数字 2 桁で求めよ。

必要であれば以下の数値を使用せよ。

アボガドロ定数： $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ ，円周率 π ： 3.14 ， $\sqrt{2}$ ： 1.41 ， $\sqrt{3}$ ： 1.73

問 5 硫化水素は水溶液中で 2 段階に電離する。それぞれの電離定数は下記のようにになっている。



硫化水素が飽和水溶液である場合、飽和水溶液中の硫化水素分子の濃度は、水素イオン濃度に関係なく 0.10 mol/L となる。

鉄(II)イオン濃度が $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ である硫酸鉄(II)水溶液に硫化水素を通じたところ、硫化水素が飽和した時点において硫化鉄(II)が沈殿し始めた。硫化鉄(II)の沈殿開始時点の硫化鉄(II)水溶液の pH を小数点以下第 2 位まで求めよ。小数点第 3 位以降の値が出た場合には四捨五入せよ。なお硫化鉄(II)の溶解度積(K_{sp})は、 $1.0 \times 10^{-16} (\text{mol/L})^2$ とする。

必要であれば $\log_{10} 2 = 0.30$ ， $\log_{10} 3 = 0.48$ を用いよ。

生 物 (その1)

1 次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

生体内では、酵素と呼ばれる触媒^(a)のはたらきによって、さまざまな化学反応が効率的に進行している。酵素はタンパク質^(b)からなる。酵素がはたらきかける物質を基質といい、酵素の(ア)に基質が結合して、反応した後に生じる物質を生成物という。酵素は特定の物質のみにはたらきかける性質を持ち、この性質を(イ)という。

問 1 (ア)と(イ)に適切な語句を入れなさい。

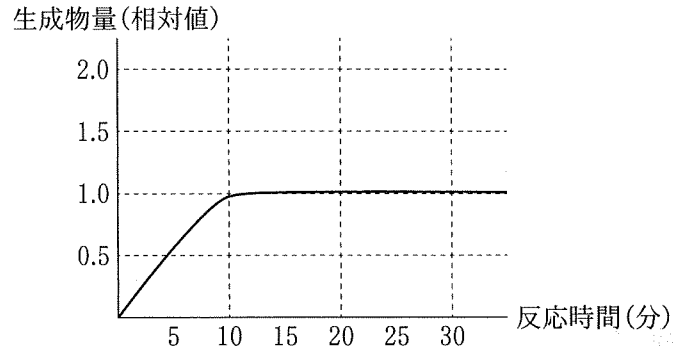
問 2 下線部(a)に関して、触媒とはどのような物質か。「化学反応」と「変化」を使用し、30字以内で記しなさい。

問 3 下線部(b)に関して、タンパク質の立体構造に関する説明として、正しいものをすべて選びなさい。ただし、どれも誤っている場合は「なし」と答えなさい。

- a ヘモグロビンは四次構造をつくるタンパク質である。
- b α ヘリックスや β シートなどの立体構造を三次構造という。
- c 隣り合うアミノ酸は、カルボキシ基とアミノ基がペプチド結合によって結ばれる。
- d シャペロンはタンパク質の正しい立体構造の形成を助け、自らもその最終成分になる。

<実験 1 >

一定量の酵素 X と一定量の基質 Y のみを試験管中で反応させ、生じる生成物量を、時間を追って測定する実験を行った。温度は 37 ℃、pH は 7 で行なった。得られた結果を図に示す。



問 4 図中で 10 分を過ぎると生成物量が一定になっているが、その理由を 25 字以内で答えなさい。

問 5 酵素 X の濃度を 2 倍にし、基質 Y の濃度を 2 倍にしたときの期待される結果を図に描き加えなさい。

問 6 酵素 X がトリプシンの場合、pH を 1 だけアルカリ側にずらした時に期待される反応初期の勾配と最終生成物量はどうか、その理由とともに 100 字以内で述べなさい。

2

次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

ニューロンは、核のある細胞体とそこから伸びる突起から構成されている。突起には、他の細胞から信号を受け取る(ア)と、細長く伸びて信号を離れたところまで伝える(イ)がある。(イ)には、シュワン細胞でできた神経鞘で包まれたものがある。神経鞘には1個のシュワン細胞が伸びて何層にも巻きついた部分があり、これを(ウ)という。(ウ)を持つ有髄神経において、一定間隔で(ウ)が欠けた部分があり、この部分を(エ)という。

ニューロンの(イ)の細胞膜の内側と外側では、イオンの分布に差がある。細胞膜上のナトリウムポンプ^(a)のはたらきで、細胞内ではナトリウムイオン(Na^+)の濃度が低く、カリウムイオン(K^+)の濃度が高い。静止状態ではナトリウムチャネルは閉じているが、電位非依存性カリウムチャネル^(b)は一部開いている。このときの細胞内外の電位差を静止電位という。

細胞に閾値以上の刺激^(c)が加わると、ナトリウムチャネルが開いて、細胞内へ Na^+ が流入する。これにより刺激を加えた細胞内外の電位は逆転して興奮^(d)が起こる。その後、ナトリウムチャネルが閉じるとともに、電位依存性カリウムチャネルが開き、 K^+ が細胞外へ流出して、最終的に静止電位に戻る。

問 1 (ア)～(エ)に適切な語句を入れなさい。

問 2 有髄神経繊維は無髄神経繊維より伝導速度が速いが、その理由を述べ、このしくみの名称を答えなさい。

問 3 下線部(a)では1回の輸送でナトリウムイオンとカリウムイオンをそれぞれ何個交換しているか答えなさい。

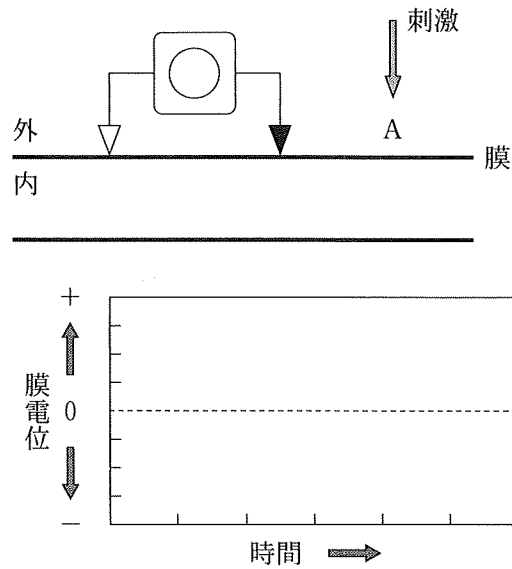
問 4 下線部(b)は静止電位を生じるために重要な現象である。その理由を述べなさい。

問 5 下線部(c)で発生する電位変化は閾値未満では生じないが、閾値以上の刺激を加えても興奮の大きさは一定である。この法則を何と呼ぶか。

問 6 下線部(d)に関して、ニューロンを伝導している興奮は、逆方向に伝導して戻ることはない。その理由を説明しなさい。

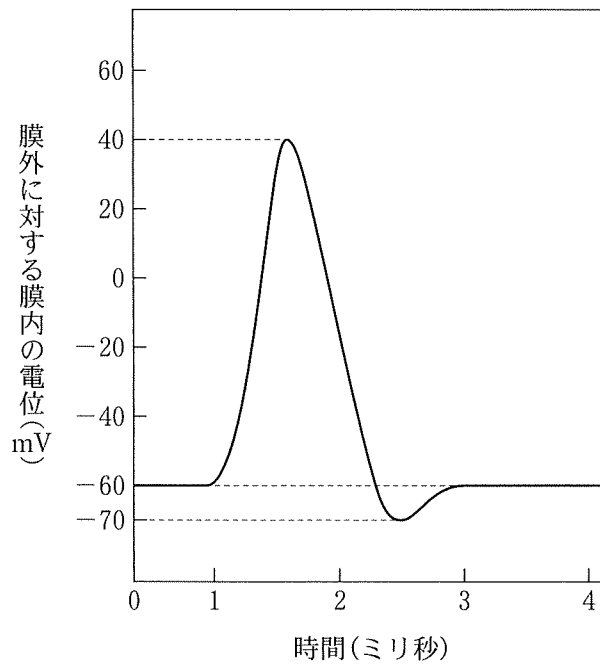
問 7 図1のように神経細胞の膜外にオシロスコープの電極を置き、電極間の電位差を測定した。Aの場所に閾値以上の電気刺激を与えたときどのような電位変化が観察されるか。解答欄の図に書き込みなさい。ただし、▼を基準に▽の電位を測定したものとする。

図1



問 8 図2は神経細胞に閾値以上の電気刺激を与え、細胞外に対する細胞内の電位を測定したものである。細胞外を0 mVとしたときの静止電位の値と活動電位の最大値を答えなさい。

図2



生 物 (その2)

3 次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

遺伝子の発現調節は転写の段階で行われることが多く、原核生物における転写は(ア)がプロモーターに直接結合して開始される。一方、真核生物では、(ア)、プロモーター、(イ)が複合体を形成することで転写が開始される。原核生物では、特定の環境条件で発現が誘導される遺伝子の転写開始領域にオペレーターと呼ばれる塩基配列が存在し、このオペレーターに調節タンパク質が結合すると、転写は促進的または抑制的に調節される。転写を抑制する調節タンパク質のことを(ウ)と呼ぶ。また原核生物において翻訳される遺伝子群と、プロモーター、オペレーターをまとめて(エ)と呼ぶ。また、真核生物でも細胞外の物質や熱などの物理条件によって特定の遺伝子の転写が誘導されることが知られている。例えば、ステロイドホルモンは(オ)性のホルモンであり、細胞膜を通り抜けて細胞内にある(カ)と結合し、特定の遺伝子発現を調節している。一方、(キ)性のホルモンであるペプチドホルモンは細胞膜を通り抜けることが出来ず、細胞膜にある(カ)と結合し、特定の遺伝子発現を調節している。

問 1 (ア)~(キ)に適切な語句を入れなさい。

問 2 真核生物の多くの遺伝子においては、転写された RNA の不要な部分が取り除かれて mRNA となる。この過程は何と呼ばれるか答えなさい。

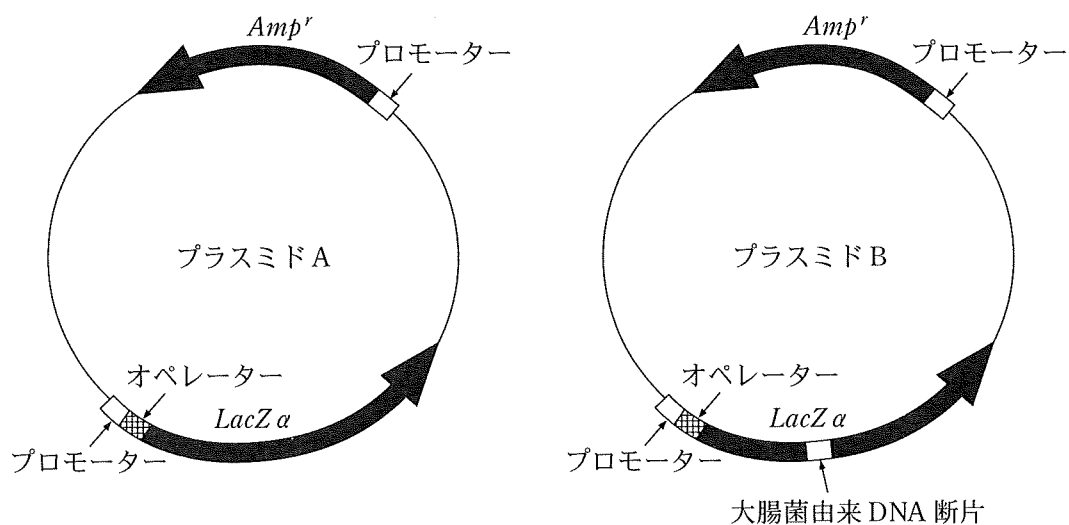
問 3 真核生物の遺伝子においては、1つの遺伝子から複数の種類の mRNA が作られることがある。この機序を簡単に説明しなさい。

問 4 図1は2種のプラスミドの模式図である。いずれのプラスミドも、*Amp^r* 遺伝子と *LacZ α* 遺伝子を配列中にもつ。*Amp^r* 遺伝子はβ-ラクタマーゼという酵素をコードする遺伝子で、プラスミドが大腸菌に取り込まれると常に転写されて発現し、アンピシリン耐性を獲得する。一方で *LacZ α* 遺伝子はラクターゼをコードする遺伝子であり、その転写はプロモーターとオペレーターにより調節されている。プラスミド B はプラスミド A の *LacZ α* 遺伝子に大腸菌由来の短い DNA 断片を挿入して作成したものである。

(A)
LacZ α 遺伝子をもたないためラクトースを分解できない大腸菌に、図1に示したプラスミド A または B のいずれかを取り込ませて以下の実験1~7を行った。実験1~7の結果から、以下の質問に答えなさい。

- 実験 1 : プラスミドを取り込ませていない大腸菌を, アンピシリンを含んだ培地で培養したところ, コロニーは全く形成されなかった。
- 実験 2 : プラスミド A を取り込ませた大腸菌を, アンピシリンを含んだ培地で培養したところ, 白色のコロニーが形成された。
- 実験 3 : プラスミド A を取り込ませた大腸菌を, アンピシリンと試薬 C を含んだ培地で培養したところ, 白色のコロニーが形成された。
- 実験 4 : プラスミド A を取り込ませた大腸菌を, アンピシリンと試薬 D を加えた培地で培養したところ, 白色のコロニーが形成された。
- 実験 5 : プラスミド A を取り込ませた大腸菌を, アンピシリンと試薬 C, 試薬 D を加えた培地で培養したところ, 青色のコロニーが形成された。
- 実験 6 : プラスミド B を取り込ませた大腸菌を, アンピシリンと試薬 C, 試薬 D を加えた培地で培養したところ, 白色のコロニーが形成された。
- 実験 7 : 3 種類の大腸菌(プラスミドを取り込ませていない大腸菌, プラスミド A を取り込ませた大腸菌, プラスミド B を取り込ませた大腸菌)を, 試薬 C, 試薬 D を加えたアンピシリンを含まない培地で混合培養したところ, 青色と白色のコロニーが形成された。

図 1



- 1) 下線部(A)に関して、*LacZ α* 遺伝子に存在する制限酵素切断部位に DNA 断片を挿入する場合、DNA 結合に用いられる最も適切な酵素の名称を答えなさい。
- 2) 実験 1 ではコロニー形成が観察されなかったのに対し、実験 2 ではコロニーが形成された理由を簡単に説明しなさい。
- 3) 試薬 C の作用として最も適切と考えられる選択肢を記号で答えなさい。
 - イ) 調節タンパク質と結合することで、*LacZ α* 遺伝子のオペレーターと調節タンパク質との結合を阻害する作用がある。
 - ロ) 調節タンパク質を活性化することで、*LacZ α* 遺伝子のオペレーターと調節タンパク質との結合を促進する作用がある。
 - ハ) 調節タンパク質と結合することで、*LacZ α* 遺伝子のプロモーターと調節タンパク質との結合を阻害する作用がある。
 - ニ) 調節タンパク質を活性化することで、*LacZ α* 遺伝子のプロモーターと調節タンパク質との結合を促進する作用がある。
- 4) 試薬 D の作用として最も適切と考えられる選択肢を記号で答えなさい。
 - イ) 無色の化合物であるが、アンピシリン分解酵素により分解されると青色の物質を生じる。
 - ロ) 無色の化合物であるが、調節タンパク質と結合すると青色の物質を生じる。
 - ハ) 無色の化合物であるが、ラクターゼにより分解されると青色の物質を生じる。
 - ニ) 無色の化合物であるが、試薬 C により分解されると青色の物質を生じる。
- 5) 実験 6 において、青色ではなく白色のコロニーが形成された理由にはどのようなことが考えられるか。簡単に説明しなさい。
- 6) 実験 7 において、プラスミドを取り込ませていない大腸菌、プラスミド A を取り込ませた大腸菌、プラスミド B を取り込ませた大腸菌が形成するコロニーの色をそれぞれ答えなさい。なおコロニーを形成しない場合には「形成しない」と答えること。
- 7) プラスミド A の大きさは 3600 ベースペア (bp) である。1 bp の平均分子量を 660 とし、アボガドロ定数を $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$ として、10 μg のプラスミド A に含まれる分子のコピー数を答えなさい。

4 次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

地球の誕生は約 46 億年前、生物の誕生は約 35～40 億年前と考えられている。最初に誕生した生物は単細胞の原核生物であり、次いで約 21 億年前に真核生物が誕生した。

初期の生物である原核生物は周囲の有機物を利用する(ア)生物であったか、水素、メタン、アンモニアなどから有機物を合成する(イ)生物であったのかは議論されている。

約 20～30 億年前の地層から(ウ)という岩石が見つかり、これは海水中の炭酸カルシウムなどが(エ)とともに固定されたものである。従って、この頃までには光合成を行って酸素を発生する(エ)が現れたと考えられている。そして、(エ)により、海水中に酸素が蓄積し始め、(オ)細菌の中から(カ)細菌へと進化するものが現れていった。その後、酸素は大気中に蓄積されるようになり、さらには真核生物の藻類が現れ、陸上にも呼吸可能な環境が形成されていったと考えられている。真核生物の出現には、宿主の細胞の中に他の生物が入り込み共生して形成されていったという説がある。この説では(キ)の単細胞生物の中に(ク)細菌が入り込んで(キ)になり、こうしてできた(キ)を持った真核単細胞生物の中に(エ)が入り込んで(ク)になったと考えられている。

問 1 (ア)～(ク)に適切な語句を入れなさい。

問 2 生命誕生初期には RNA ワールドと呼ばれる時代がある。この時代では RNA はどのような働きをしていたと考えられているか答えなさい。

問 3 下線部 A に関して、酸素は海水中の(X)と反応し(Y)を海底に沈澱させた。その痕跡は 20～25 億年前の地層で確認できる。

- (1) X, Y に当てはまる物質を答えなさい。
- (2) その痕跡とは何か答えなさい。

問 4 下線部 B に関して、大気中の酸素濃度が増加したことと、生物の陸上進出との間にはどのような関連があったと考えられるか。簡単に答えなさい。

問 5 下線部 C に関して、呼吸は発酵や解糖に比べて効率的なエネルギー獲得様式である。その理由を説明しなさい。

問 6 下線部 D に関して、以下の質問に答えなさい。

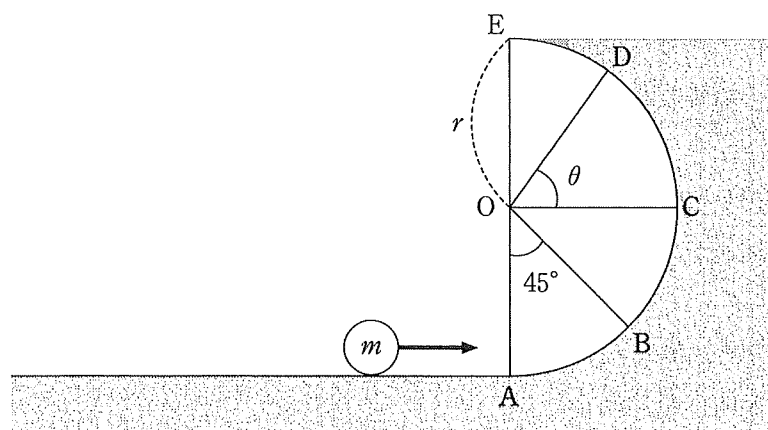
- (1) この様な説は何というか答えなさい。
- (2) この説を提唱した人物を答えなさい。
- (3) 下線部 D の説を支持する代表的な生物学的根拠を 1 つ 30 字以内で述べなさい。

物 理 (その1)

1 下図のように、水平で滑らかな床の延長に、点 O を中心とする半径 r の半円状の円筒面がなめらかにつながっている。点 A と点 E はいずれも点 O を通る鉛直線上にある。点 B と点 C はそれぞれ、 $\angle AOB = 45^\circ$ 、 $\angle AOC = 90^\circ$ となる点である。

そこへ、質量 m の小球が初速度 v_0 で点 A に進入した。摩擦や空気抵抗はないものとし、重力加速度の大きさは g とする。小球の大きさは無視できるほど十分小さいものとし、小球は紙面に垂直な方向には運動しないものとする。

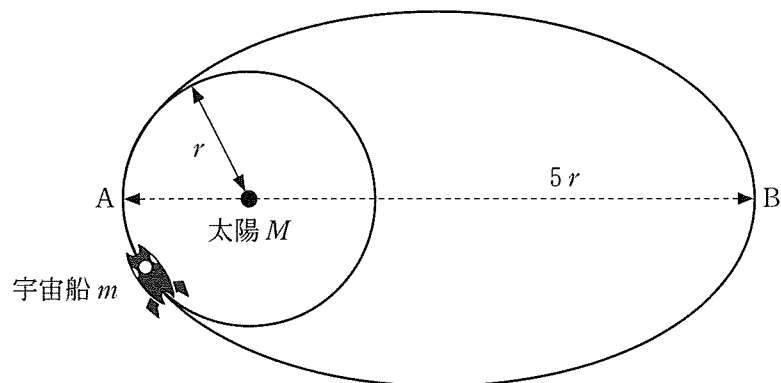
- (1) 小球は、円筒面から離れることなく運動し点 B に達した。このときの小球の速さを求めなさい。
- (2) またこのとき(点 B に達したとき)、円筒面から小球にはたらく抗力の大きさを求めなさい。
- (3) 小球がさらに円筒面に沿って上昇し、点 C よりも高い位置に達するための初速度 v_0 の条件を求めなさい。
- (4) 小球は、その後も円筒面から離れることなく運動し、点 C を超え点 D で抗力がゼロとなり、円筒面から離れた。このときの $\angle COD = \theta$ とすると、点 D における小球の速さを g 、 r 、 θ を用いて表しなさい。またこのときの $\sin \theta$ を g 、 r 、 v_0 を用いて表しなさい。



2

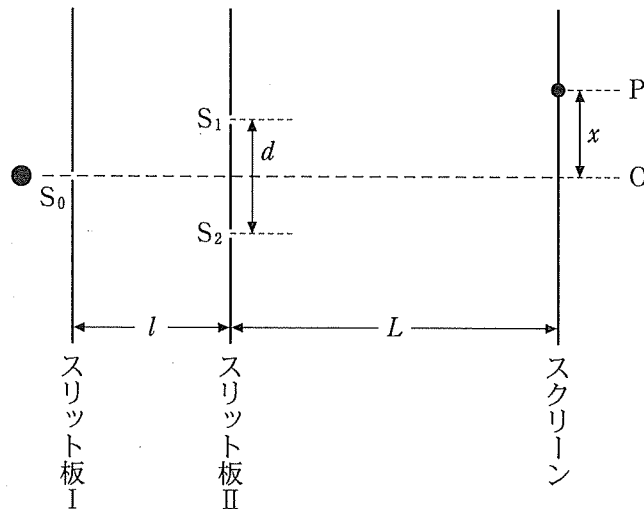
下図のように、宇宙船がエンジンを切った状態で、太陽の周りを速さ v_0 、公転周期 T 、半径 r の等速円運動をしている。太陽の質量を M 、宇宙船の質量を m 、万有引力定数を G として、以下の問いに答えよ。ただし、惑星の重力による影響はないものとする。

- (1) 宇宙船の速さ v_0 ならびに、宇宙船にはたらく向心力の大きさを、 m 、 r 、 T の中から必要なものを用いて表しなさい。
- (2) 太陽の質量 M を、 r 、 G 、 T を用いて表しなさい。
- (3) 次に、宇宙船が図の点 A に来たとき、接線方向に瞬間的にエンジンを噴射させ、速さを v_A に増加させたのちにエンジンを切った。その結果、宇宙船の軌道は長軸 AB の長さが $5r$ の楕円軌道になった。 v_A を、 r 、 G 、 M を用いて表しなさい。
- (4) 点 A における速さ v_A を大きくすると太陽系の外に飛び出す。その時の速さ v_A はいくら以上である必要があるか、 r 、 G 、 M を用いて表しなさい。ただし、エンジンは点 A でのみ噴火するものとする。



物 理 (その2)

- 3 図のように、水平な台の上にスリット S_0 の付いたスリット板 I, スリット S_1, S_2 の付いたスリット板 II, スクリーンを平行におく。 S_1, S_2 の間隔は d で、 S_0 から S_1, S_2 は等距離にある。 S_1, S_2 の中点からスクリーンに下ろした垂線の足を O とする。この交点 O を原点として、図のように上向きに x 軸をとり、 x だけ離れたスクリーン上の点を P とする。スリット板 I とスリット板 II の間隔 l およびスリット板 II とスクリーンの間隔 L は、 d に比べて十分大きいものとする。光源から出た波長 λ の単色光を S_0 にあてると、スクリーン上に明暗のしまが現れる。



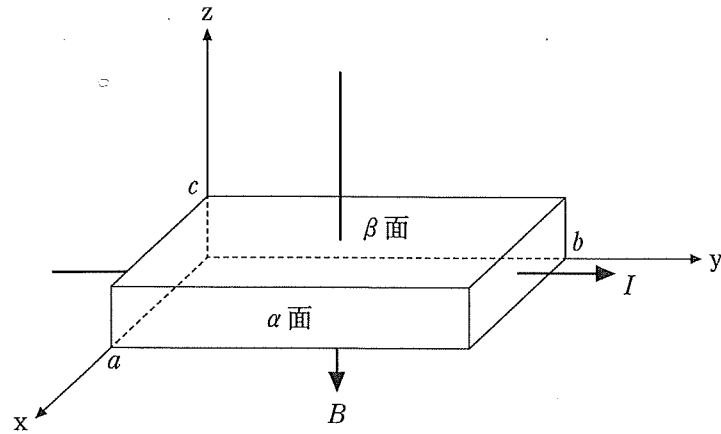
図

- A まず、空気(屈折率1)中に置かれた装置で実験する。
- (1) S_1, S_2 を通過した光が色々な方向に進む現象を何と言うか。
 - (2) スリット S_1, S_2 から点 P に到達する光の光路差を求めなさい。 $|\epsilon| \ll 1$ のとき成り立つ近似計算式 $(1 + \epsilon)^n \approx 1 + n\epsilon$ を用いてよい。
 - (3) 点 O にできた明線を 0 番目としたとき、点 P に m 番目 ($m = 0, 1, 2, \dots$) の明線ができた。 x が満たしている条件を整数 m を用いて表しなさい。
 - (4) d を 0.94 mm , L を 6.1 m にして、実験を行った。このとき、スクリーン上に現れた明線の間隔は 4.1 mm であった。単色光の波長を求めなさい。

B 次に，装置の一部を屈折率 n の媒質で満たす。

- (5) スリット板 I とスリット板 II の間だけに，この媒質で満たすと，明線の間隔は，A の場合の何倍になるかを答えなさい。
- (6) スリット板 II とスクリーンの間だけに，この媒質で満たすと，明線の間隔は，A の場合の何倍になるかを答えなさい。
- (7) スリット S_1 の部分だけを屈折率 n ，厚さ a の薄膜でおおうと，0 番目の明線の移動した距離を答えなさい。
- (8) (7)において移動する向きは上方か，下方かを答えなさい。

- 4 図のように、各辺の長さがそれぞれ a , b , c の直方体の n 型半導体が x 軸, y 軸, z 軸に接するように置かれている。 y 軸の正の向きに I の電流が流れている。導体中の電子の数密度(単位体積当たりの個数)を n , 電子の電荷の大きさを e とする。このとき以下の問いに答えなさい。



図

- (1) 電子はすべて同じ速さ v で y 軸に平行に運動しているものとして、電流の大きさ I を表しなさい。

次にこの半導体に z 軸の負の方向に磁束密度の大きさ B の一様な磁場を加えた。

- (2) 電子 1 個に磁場から働く力の大きさと向きを答えなさい。向きは「 y 軸の正の方向」というように答えなさい。

この磁場から電子に働く力によって、電子が x 軸方向に移動するため、電場が発生する。やがて半導体内の電子に対して磁場から受ける力と電場から受ける力が釣りあうことになる。

- (3) この状態での電場の大きさと向きを答えなさい。
- (4) この電場によって a 面と β 面間に生じた電位差を B , I , n , a , b , c , e の中から必要なものを用いて表しなさい。なお直方体の $x = a$ の面と $x = 0$ の面をそれぞれ a 面と β 面とする。

次に p 型半導体で同様な実験を行った。

- (5) p 型半導体での電流の担い手は何か答えなさい。
- (6) この状態での電場の向きを答えなさい。