

令和8年度個別学力検査
総合生命理学部 後期日程
理科 問題
名古屋市立大学 学生課 (入試)
052-853-8020

許可なしに転載、複製
することを禁じます。

令和8年度・個別学力検査

理 科 (後)

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は28ページあります。
3. 試験開始後、落丁・乱丁・印刷不鮮明の箇所があったら申し出なさい。
4. 解答はすべて解答用紙に、それぞれの問題の指示にしたがって記入しなさい。
5. 解答用紙は、二つ折りにしても差し支えありません。
6. この冊子のどのページも切り離してはいけません。ただし、余白等は適宜利用してかまいません。
7. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。
8. 問題選択に関する注意(重要)

「物理」、 「化学」、 「生物」のうち1科目を選択して解答しなさい。

選択しなかった2科目の解答用紙は試験開始後、40分で回収します。それ以後は選択の変更は認めません。

試験開始後、全科目の解答用紙6枚ともに氏名(カタカナ)及び受験番号を記入しなさい。受験番号が正しく記入されていない場合は、採点できないことがあります。また、氏名(カタカナ)及び受験番号以外の文字、数字などは、絶対に記入してはいけません。

問題訂正

科目名 : 生物(後期)

生物問題1 19 ページ 下から8行目

(誤) 100億

(正) 10~100億

理 科 問 題

物 理 問題 1 3 ページ
 " 2 5 "

化 学 問題 1 8 ページ
 " 2 15 "

生 物 問題 1 19 ページ
 " 2 25 "

解 答 用 紙

理科 物理解答用紙 2 枚
理科 化学解答用紙 2 枚
理科 生物解答用紙 2 枚

物 理

物理問題 1

図1に示すような重力下の箱の中の点Pに、長さ l の軽い糸が固定されており、糸の先端には、大きさの無視できる質量 M のおもりがつながれて静止している。このときのおもりの位置を点Aとする。糸は伸び縮みしたり切れたりせず、空気抵抗は考慮しない。重力加速度を g 、円周率を π とする。また、糸の長さに比べておもりの変位は十分に小さいものとする。

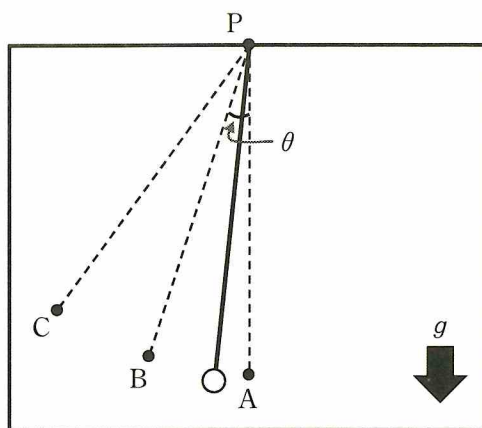


図1

箱が静止しているとき、おもりを左に十分に小さい角度 θ ($\angle APB = \theta$) 変位させて、点Bで静かに手を離れた。

- (1) おもりが点Bを離れたあと、点Aを通過する瞬間のおもりの速さを求めよ。
- (2) おもりが点Bを離れたあと、再びおもりが点Bに戻ってくるまでの時間を求めよ。

次に、箱を加速度 a ($a > 0$) で水平右方に加速させた状態で、おもりを、箱の中の人から見て点 B で静止させた。

- (3) このときの糸の張力の大きさを a , g , M のうち必要なものを用いて表せ。
- (4) おもりを点 C の位置 ($\angle APC = 2\theta$) まで動かして手を静かに放したあと、箱の中の人から見て、おもりの速さが最大になる位置における糸と鉛直方向のなす角度を θ' として、 $\tan \theta'$ と周期を a , g , M , ℓ のうち必要なものを用いて表せ。

再度、箱が静止している状態を考える。点 P から鉛直下方に長さ d 離れた位置 Q に釘を打ったのちに、点 B でおもりを手から静かに離れたところ、図 2 のように、糸が点 Q で引っかかり、おもりは点 D で初めて速さが 0 となった。

- (5) 点 A を基準として点 D の高さを求めよ。
- (6) おもりが点 B を離れて再び点 B に戻るまでの時間を求めよ。

次に、箱を加速度 β ($\beta > 0$) で鉛直上方に加速させながら、点 B でおもりを手から静かに離れた。

- (7) 箱の中の人から見て、初めておもりの速さが 0 になった時の、糸の張力の大きさを d , g , M , ℓ , θ , β のうち必要なものを用いて表せ。
- (8) おもりが点 B を離れて再び点 B に戻ってくるまでの時間を求めよ。

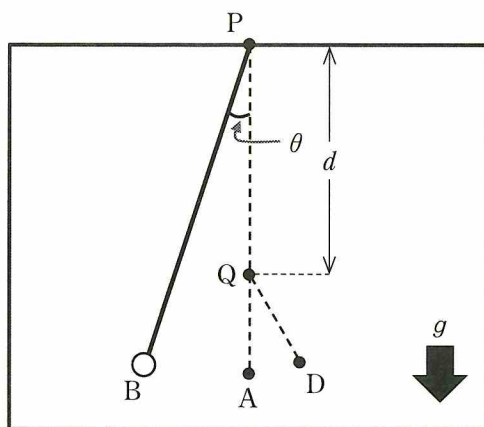


図 2

物理問題 2

火力発電所では、燃焼によって生じた熱を使ってガスタービンや蒸気タービンを回転することで交流発電機を動作させ、電力を取り出す(図1)。ガスタービンと交流発電機を用いた熱から電力へのエネルギーの変換について、以下の問に答えよ。

ガスタービンは、図2に示すように吸気した気体の①圧縮(断熱圧縮)、②燃焼(等圧加熱)、③膨張(断熱膨張)、④排気(等圧冷却)で構成される熱サイクル(ブレイトンサイクル)を用いて、燃焼した気体の熱を力学的な回転運動に変換する。定積モル比熱が C である 1 mol の理想気体に対して図2の熱サイクルを行うときの熱効率 η について考える。気体定数を R とする。

- (1) ①の断熱圧縮の過程で、気体の圧力は P_1 から P_2 へ、体積は V_1 から V_2 へ変化する。この過程での気体が外部にする仕事 W_1 と、気体の内部エネルギーの増加量 U_1 を示せ。
- (2) ②の等圧加熱の過程で、気体の圧力は P_2 のままで、体積は V_2 から V_3 へ変化する。この過程での気体が外部にする仕事 W_2 と、気体の内部エネルギーの増加量 U_2 を示せ。
- (3) ③の断熱膨張の過程で、気体の圧力は P_2 から P_1 へ、体積は V_3 から V_4 へ変化する。この過程での気体が外部にする仕事 W_3 と、気体の内部エネルギーの増加量 U_3 を示せ。
- (4) ④の等圧冷却の過程で、気体の圧力は P_1 のままで、体積は V_4 から V_1 へ変化する。この過程での気体が外部にする仕事 W_4 と、気体の内部エネルギーの増加量 U_4 を示せ。

- (5) 熱効率 η は、「気体が吸収する熱量のうち外部にする仕事の割合」と定義され、図 2 の熱サイクルの場合は、次式で表すことができる。式中の添え字 i, j, k, l, m, n として適切な数字 (1 ~ 4) を示せ。 $m > n$ とすること。また α を C と R を用いて表せ。その際、断熱過程では、 P を圧力、 V を体積とすると、 $PV^{1+R/C}$ が一定であることを利用すること。

$$\eta = 1 - \frac{P_i(V_j - V_k)}{P_l(V_m - V_n)} = 1 - \left(\frac{P_i}{P_l}\right)^\alpha$$

交流発電機は、図 3 に示すように永久磁石や電磁石をタービンで回転させることで、その周囲に固定した誘導コイルに誘導起電力を発生する。タービンにより電磁石を一定の角速度 ω で回転させたときに得られる誘導起電力 V_i について考える。図 3 に示すように電磁石の回転軸を紙面に垂直とし、電磁石からはなれた x 軸上の位置に誘導コイルが固定されているとする。電磁石の中心と誘導コイルの中心は x 軸上にある。誘導コイルの両端には抵抗 r の電気抵抗が接続されており、図中の矢印の方向を誘導電流 I_i の正の方向とする。

- (6) 電磁石が図 3 の状態で静止していて電磁石のコイルに電流が流れていない状態から、時刻 $t = t_1$ で図中の直流電源を接続し電磁石のコイルに一定の電流を流した。このとき誘導コイルの内部に生ずる磁束 Φ_0 の向き(紙面に対して上, 下, 左, 右, 手前, 奥向きなど)を示せ。また誘導コイルに流れる誘導電流 I_i の時間変化はどのようなになるか、概略図で示せ。

- (7) 前問(6)の操作のあと、 $t = t_2 > t_1$ で電磁石を一定の角速度 ω で回転させた。このとき誘導コイルの内部を通る磁束 Φ が次式で表されるとする。 Φ の時間変化率 $\Delta\Phi/\Delta t$ を t の関数で示せ。

$$\Phi = \Phi_0 \cos[\omega(t - t_2)]$$

- (8) 前問(7)において、誘導コイルに流れる誘導電流 I_i と誘導コイルの両端に生ずる誘導起電力 V_i を t の関数として、 I_i の最大値 $I_0 > 0$ を用いて示せ。電気抵抗で消費される電力 P_i の時間変化はどのようなになるか、概略図で示せ。また P_i の実効値 P_e を、 I_0 を用いて示せ。



図 1

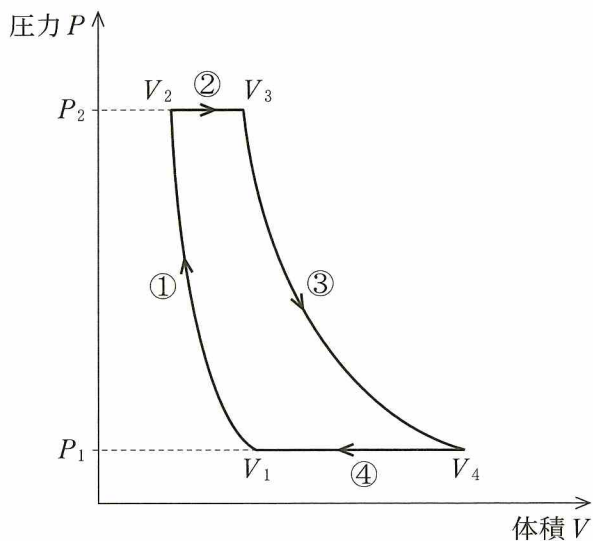


図 2

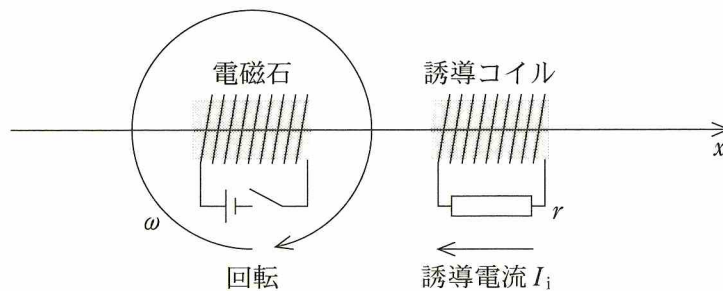


図 3

化 学

化学問題 1

次の[I]～[Ⅲ]の文章を読み、問1～問12に答えよ。なお、気体はすべて理想気体とする。必要であれば、次の値を用いよ。気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ ，原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, S = 32, Cl = 35.5, K = 39, Cr = 52, Mn = 55, Fe = 56, Cu = 64, Zn = 65, Ag = 108, I = 127, Ba = 137, Pb = 207

[I] 元素を原子番号順に並べると、性質のよく似た元素が周期的に現れる。

この周期的な規則性を元素の **あ(語句)** といい、性質のよく似た元素が縦の列になるように並べた表を周期表という。 **あ** は原子の電子配置と関係が深く、原子番号の増加にともない、原子の価電子の数が周期的に変化するために現れる。周期表の2族を **い(語句)** といい、 **う(数字)** 族をハロゲンという。ハロゲンは1価の陰イオンになりやすい。原子が1個の電子を受け取って、1価の陰イオンになるときに放出されるエネルギーを **え(語句)** という。

原子の中の電子は電子殻に収容され、内側のK殻から順番に収容されるが、そのようになっていない部分もある。例えば、 ${}_{20}\text{Ca}$ の電子配置は、K殻に2個、L殻に8個、M殻に **お(数字)** 個、N殻に2個であり、M殻には **か(数字)** 個まで電子が入るのに、M殻より外側のN殻に電子が入っている。

周期表の元素は、 **き(語句)** 元素と遷移元素に大別される。同族の元素どうしで価電子の数が等しく、かつ化学的性質が似ているのは **き** 元素である。一方、同一周期の隣り合う元素どうしの化学的性質が似ているのは遷移元素である。遷移元素は周期表の **く(数字)** 族から12族に属する元素で(8)、同一周期では最外殻ではなく内側の電子殻に収容される電子の数が変化していくという特徴をもつ。第4周期の遷移元素では、その原子の最外殻であるN殻の電

子の数は2個(あるいは1個)のまま、内側のM殻の電子が増えていく。そのため、同一周期の隣り合う元素どうしても似た性質を示す場合が多い。なお、上記のかっこ内に記したように、最外殻の電子の数が1個の元素(${}_{24}\text{Cr}$ と ${}_{29}\text{Cu}$)もあるが、ここでは考えないことにする。

このように内側の殻が満たされていないのに外側の殻に電子が収容される理由は、次のように説明される。まず、各電子殻はさらに軌道とよばれる電子が存在する領域に分けられる。K殻は1つの1s軌道に、L殻は1つの2s軌道と3つの2p軌道に、M殻は1つの3s軌道と3つの3p軌道と5つの3d軌道に、N殻は1つの4s軌道と3つの4p軌道と5つの4d軌道と つの4f軌道に、それぞれ分けられる。ここで、各軌道には最大2個までの電子が収容される。したがって、M殻には 個まで電子を入れることができる。ここで、各軌道のエネルギーは低い方から「1s→2s→2p→3s→3p→4s→3d→…」の順であり、M殻の3d軌道よりもN殻の4s軌道の方が低いため、電子は3d軌道よりも先に4s軌道に収容される。

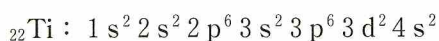
(8)12族に属する元素は遷移元素に含めない場合もある。

問 1. 文中の空欄 ~ に、かっこ内の指示にしたがって適切な語句等を記せ。

問 2. 次の(1)~(5)の記述のうち、正しいものをすべて選び、数字で答えよ。

- (1) 一般に、同じ周期では原子番号が大きいほど、原子の大きさは大きくなる。
- (2) ハロゲンの単体は、原子番号が大きいほど酸化剤としての働きが強い。
- (3) 第4周期の遷移元素は、すべて金属である。
- (4) Ar, Kr, Xe, Rnのように、価電子の数が8個の場合、その電子配置は安定となる。
- (5) O^{2-} , F^- , Na^+ , Mg^{2+} のように、同じ電子配置のイオンでは、原子番号が大きいほどイオン半径は小さい。

問 3. 文章で記述された規則にしたがって、軌道に関する元素の電子配置が定まるとき、下記の(1)と(2)の元素の軌道に関する電子配置を、チタン(${}_{22}\text{Ti}$)の例にならって記せ。なお、軌道に関する電子配置は、各軌道の名称の右上にその軌道に収容されている電子の数を記し、 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^4 s^2$ の順に書き並べて表す。ただし、電子が収納されていない軌道は記さない。



(1) ${}_{20}\text{Ca}$

(2) ${}_{27}\text{Co}$

[Ⅱ] 4種類の無色の水溶液 **A**, **B**, **C**, **D** と、2種類の有色の水溶液 **E**, **F** がある。いずれも、下記の試薬群のうちいずれか1つを溶解した水溶液である。これらに対して、以下の実験1～9を行った。

試薬群：

硫酸亜鉛，硫酸アンモニウム，硫酸銅(Ⅱ)五水和物，硝酸鉛(Ⅱ)，硝酸銀，塩化バリウム，塩化鉄(Ⅲ)，塩化カリウム，過マンガン酸カリウム，クロム酸カリウム，ヨウ化ナトリウム，チオ硫酸ナトリウム，炭酸水素ナトリウム

実験 1. 水溶液 **A** にアンモニア水を加えて塩基性にし、硫化水素を通じると白色の沈殿が生じた。また、水溶液 **B** および水溶液 **E** を酸性にして硫化水素を通じると、いずれも黒色の沈殿が生じた。

実験 2. 水溶液 **A** に水溶液 **C** を加えると、酸に溶けにくい白色の沈殿が生じた。
a)

実験 3. 水溶液 **B** に水溶液 **C** を加えると、白色の沈殿が生じた。この沈殿はアンモニア水によく溶けた。また、この沈殿に太陽光を当てると、色が黒くなった。

実験 4. 水溶液 **B** に水溶液 **D** を加えると、黄色の沈殿が生じた。
b)

実験 5. 水溶液 **C** および水溶液 **F** をそれぞれ白金線の先端につけてガスバーナーの外炎に入れると、水溶液 **C** では黄緑色、水溶液 **F** では赤紫色の炎が確認された。

実験 6. 水溶液 **C** に水溶液 **F** を加えると、黄色の沈殿が生じた。

実験 7. 水溶液 **F** に希硫酸を加えて酸性にすると、溶液は橙赤色になった。これに、水酸化ナトリウム水溶液を多量に加えて塩基性にすると、溶液はもとの色に戻った。

実験 8. 水溶液 **D** に酸性条件下で、次亜塩素酸ナトリウム水溶液を加えると、液の色は褐色になった。

実験 9. 水溶液 **E** は、青色リトマス試験紙を赤く変化させた。水溶液 **E** に十分な量の水酸化ナトリウム水溶液を加えると、青白色の沈殿が生じた。

問 4. 下線部 a) および下線部 b) について、これらの沈殿はそれぞれ何か。化学式で答えよ。

問 5. 下線部 c) について、この溶液中の橙赤色のイオンをイオン式で記せ。

問 6. 実験 8 の反応を、イオン反応式で示せ。また、この反応における Cl の酸化数の変化を例にならって記せ。 例) $-7 \longrightarrow -4$

問 7. 下線部 d) について、生成した青白色の沈殿の質量が $2.0 \times 10^{-2} \text{ g}$ であったとき、この水溶液 **E** を調製するのに使用した試薬の質量 [g] を求めよ。ただし、この試薬の純度は 100 % とし、反応が完全に進行したものとする。有効数字を 2 桁とする。

[Ⅲ] アンモニアは、工業的には、鉄を含む触媒の存在下で製造される。ここで、窒素と水素が反応してアンモニアが生成する反応は可逆反応であり、その平衡は式(Ⅲ—1)のように表せる。



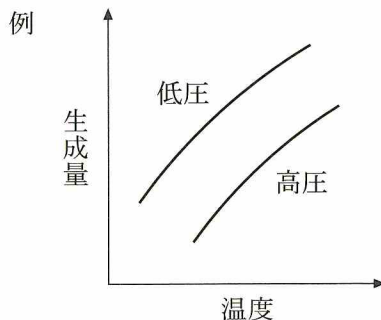
なお、ここで記した反応エンタルピーは、正反応において1 mol の N_2 に着目したときの値である。

アンモニアの実験室的製法には、例えば、塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱する方法がある。^{e)}

窒素 10 mol と水素 30 mol を反応容器に入れ、ある一定温度に保ち、触媒を用いて式(Ⅲ—1)の反応を進行させたところ窒素の 40 % が反応して、平衡に達した。この混合気体の一部を体積一定の分離器に移して冷却したところ、ある温度・圧力に達したときアンモニアが凝縮し始めた。^{f)}

問 8. 式(Ⅲ—1)の圧平衡定数 K_p を、濃度平衡定数 K_c 、気体定数 R 、温度 T を用いて表せ。ただし、理想気体の状態方程式が成立するものとする。

問 9. 式(Ⅲ—1)の可逆反応が平衡状態にあるとき、温度、圧力とアンモニアの生成量とのおおよその関係を例にならってグラフで表せ。



問10. 式(Ⅲ-1)をもとに、H-H結合、N-H結合の結合エネルギーをそれぞれ436 kJ/mol, 391 kJ/molとしたとき、N≡N結合の結合エネルギー[kJ/mol]を求めよ。解答は、整数で答えよ。

問11. 下線部e)について、次の(1)と(2)に答えよ。

- (1) 下記の【装置】と【試薬】から必要な物を用いて、安全かつ確実にアンモニアを発生させて捕集できるように、実験装置の略図を完成させよ。ただし、スタンドなどの器具を支えるものは省略する。使用したそれぞれの器具や試薬の番号(①~②, ③①~③⑦)を図中に明記すること。
- (2) 下記の【装置】と【試薬】を用いて、アンモニアが発生していることを確認する方法を、簡潔に述べよ。ただし、【装置】と【試薬】は番号(①~②, ③①~③⑦)ではなく、名称で記述すること。

【装置】

- ①試験管, ②ふたまた試験管, ③ゴム栓(必要に応じて穴が開いている),
- ④ゴム管, ⑤ガラス管(必要に応じて曲がっている), ⑥ガラス棒,
- ⑦ガラス板, ⑧分液ろうと, ⑨滴下ろうと, ⑩集気びん, ⑪洗気びん,
- ⑫洗びん, ⑬水浴器, ⑭乾燥管, ⑮U字管, ⑯リービッヒ冷却器,
- ⑰アダプター, ⑱ピュレット, ⑲三角フラスコ, ⑳丸底フラスコ,
- ㉑温度計, ㉒ガスバーナー

【試薬】

- ③①塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物, ③②塩化カルシウム,
- ③③ソーダ石灰, ③④濃硫酸, ③⑤希硫酸, ③⑥濃塩酸, ③⑦水

問12. 下線部 f) について、下図に示すアンモニアの蒸気圧曲線から、アンモニアが凝縮を始める温度〔℃〕を整数で答えよ。ただし、この温度において、混合気体の物質量の比は変化しておらず、分離器の中の圧力は 1.0×10^7 Pa であり、気液平衡が成り立っているとす。また、窒素や水素は $0 \sim 70$ ℃ で常に気体である。

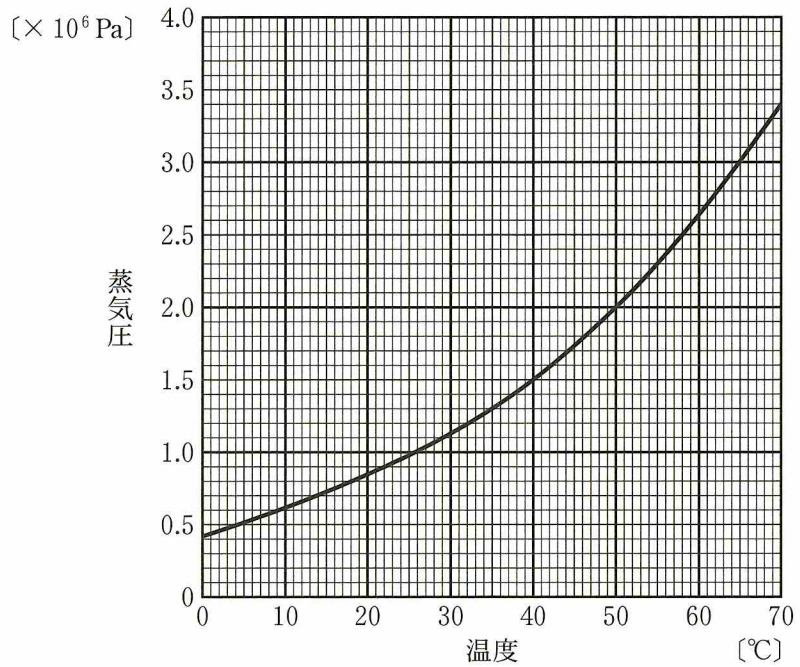


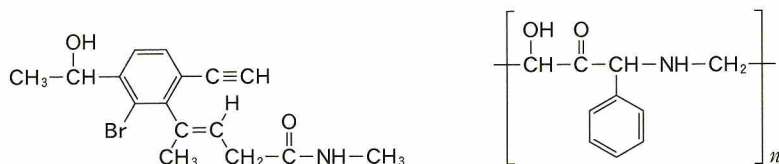
図 アンモニアの蒸気圧曲線

化学問題 2

次の[I]～[IV]の文章を読み、問1～問12に答えよ。構造式は記入例にならって記せ。なお、重合度を n とする。必要があれば、次の原子量を用いよ。

H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16

(記入例)



- [I] ベンゼン環を1つもち、分子式 $C_9H_{12}O$ で表される化合物 **A**～**C** がある。このうち、化合物 **A** と **B** は不斉炭素原子をもつ。以下の実験 1～7 を行った。
- 実験 1. 化合物 **A**～**C** をそれぞれ金属ナトリウムと反応させたところ、いずれも水素を発生した。
- 実験 2. 化合物 **A**～**C** をそれぞれ塩化鉄(III)水溶液と混合したところ、いずれも呈色反応は示さなかった。
- 実験 3. 化合物 **A** に水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を反応させると、黄色沈殿を生じ、この溶液を酸性にすることで化合物 **D** が得られた。
- 実験 4. 化合物 **D** を過マンガン酸カリウム水溶液中で加熱し、酸化すると化合物 **E** が得られた。^(あ)
- 実験 5. 化合物 **E** を加熱すると、分子内で脱水縮合が起こり、酸無水物が生成した。
- 実験 6. 化合物 **B** と **C** にそれぞれ二クロム酸カリウムを作用させたところ、化合物 **B** は酸化され化合物 **F** が得られたのに対し、化合物 **C** は酸化されなかった。化合物 **F** を分析すると分子式 $C_9H_{10}O$ であることがわかった。
- 実験 7. 化合物 **F** をアンモニア性硝酸銀水溶液と加熱したところ、銀の析出が見られた。

問 1. 化合物 **A**~**F** の構造式を記せ。

問 2. 下線部(あ)について、過マンガン酸イオンが中性条件において酸化剤として働くときの半反応式を記せ。

[II] グリシン 45.0 g に、無水酢酸をグリシンと等しい物質質量だけ加えて反応を行
(い) い、アセチルグリシンを合成した。反応後の混合物に対して、適切な呈色試験を
(う) 行ったところ、未反応のグリシンが存在することが確認された。その後、生成物を精製したところ、アセチルグリシン 46.8 g が得られた。

問 3. 下線部(い)について、この反応を化学反応式で記せ。ただし、すべての有機化合物は構造式で示すこと。

問 4. 下線部(う)について、用いた試薬、操作、呈色の有無やその色、検出している官能基に触れながら、未反応のグリシンが存在すると確認できた理由を簡潔に説明せよ。

問 5. この反応におけるアセチルグリシンの収率を百分率[%]で答えよ。有効数字は2桁とする。なお、収率とは、理論上得られる生成物の物質質量に対する、実際に得られた生成物の物質質量の割合を指す。

[Ⅲ] ゼラチンは親水性のタンパク質であり、コロイド溶液となる。水酸化鉄(Ⅲ)も水中で、正の電荷を帯びた分散コロイドとなる。ここに電解質を加えると粒子が集まる。これは [①] とよばれる。しかし、水酸化鉄(Ⅲ)の分散コロイドに、適切な pH でゼラチンを加えておくと、電解質を入れても [①] しにくくな^(え)った。これは、ゼラチンが水酸化鉄(Ⅲ)のコロイドを取り囲み、 [②] コロイドとして働いたためである。

ゼラチンのコロイド溶液を冷却すると、流動性を失って [③] になる。このゼリー状の物質の上に、生のパイナップル一切れを載せて、しばらく 25℃^(お)で放置したところゼリーが液化した。しかし、加熱したパイナップルの切片を同様に置いても液化しなかった。

問 6. [①] ~ [③] にあてはまる最も適切な語句をそれぞれ記せ。

問 7. 下線部^(え)について、等電点の値が 5 のゼラチンを用いる場合、pH をどのように調整すればよいか、理由とともに答えよ。

問 8. 下線部^(お)について、生のパイナップルを用いたときに液化した理由と加熱したパイナップルでは液化しなかった理由を簡潔に説明せよ。

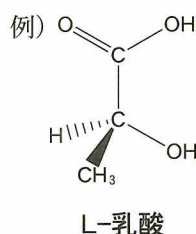
[Ⅳ] 乳酸 $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ は、一価の弱酸である。2 分子の乳酸を縮合させると、環状化合物である^(か)ジラクチドが生成する。これを^(き)開環重^(く)合すると、ポリ乳酸が合成される。一方、乳酸そのものをモノマーとして酸触媒存在下で重合すると、反応が可逆であるため、十分に長い鎖のポリ乳酸を得ることは難しい。すなわち、反応中に [④] が生成し、それが [⑤] の原理にしたがって、ポリ乳酸の分解を促進するためである。

問 9. 下線部(か)について、以下の問いに答えよ。なお、25℃での反応とし、水の電離による水素イオン濃度は無視できるものとする。

(1) 乳酸の電離度を α 、電離定数を K_a とするとき、pH を α と K_a を用いて表せ。ただし、電離度 α は無視できない程度に大きいものとして答えよ。

(2) ある乳酸水溶液の pH が 2.8 であった。このとき、乳酸の電離度 α を有効数字 2 桁で求めよ。ここで、電離定数 K_a と pK_a の間には、 $pK_a = -\log_{10} K_a$ の関係があり、乳酸の pK_a は 3.8 とする。

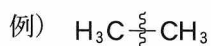
問10. 下線部(き)について、ラセミ体の乳酸の縮合から得られるすべてのジラクチドの立体異性体について、構造式を立体構造がわかるようにくさび型表記で記せ。くさび型表記による構造式の書き方は、右に示した例にならうこと。



太い実線(▲)は紙面の手前側へ、破線(●●●)は紙面の向こう側へ向かう結合を表す

問11. 下線部(く)に関連し、ナイロン6も ϵ -カプロラクタムの開環重合により合成される。ナイロン6と ϵ -カプロラクタムの構造式をそれぞれ記せ。

また、 ϵ -カプロラクタムの、どの結合が切れて開環するのか、例にならって波線を入れて示せ。



問12. ④ にあてはまる最も適切な化学式、⑤ にあてはまる最も適切な語句を記せ。

生 物

生物問題 1

次の文章を読み、問 1～問 7 に答えよ。

生物はそれぞれ特有の形や性質をもっており、それらを形質と呼ぶ。遺伝とは形質が親から子へと伝えられる現象のことであり、すべての生物が持つ重要な特徴である。分子生物学の初期に活躍した研究者達により、親から子へと伝えられる遺伝情報は DNA を媒体としていることが明らかにされた。1953 年にワトソンとクリックは、シャルガフの法則やウィルキンスとフランクリンによる DNA の X 線回折データにもとづいて、DNA の二重らせんモデルを提唱した。

DNA の 2 重らせんはそれぞれの DNA 鎖が同時に複製される。それは、 と呼ばれる DNA の特定領域にある塩基対の水素結合が切れ、 により二重らせんがほどかれることで始まる。1 本鎖になったそれぞれの DNA 鎖を鋳型として、相補するデオキシリボヌクレオチドが のはたらきによって重合していく。この重合を始めるためには、先だって新生鎖側にプライマーが必要である。それぞれの鋳型鎖は、連続的に複製が可能なりーディング鎖と不連続的な複製が必須になるラグging 鎖に区別される。この不連続な複製の結果として生じる DNA 断片をその発見者にちなんで岡崎フラグメントと呼ぶ。これら一連の過程により DNA は半保存的に複製される。

DNA の複製は極めて正確に行われ、約 100 億塩基対に 1 ヶ所程度しかミスを生じない。しかし、複製ミスによる遺伝的変異が で生じると、それは受精を経て次世代へと伝わり、進化を引き起こす要因となりえる。個体間の遺伝的変異によって、ある個体が生息環境の条件次第で繁殖や生存に有利となり、次世代に自分と同じ形質を持つ子をより多く残せる可能性が高まることを という。突然変異体とは遺伝情報が変化した細胞または個体のことであり、それらは分子生物学の研究にも役立てられてきた。現在では、研究の目的に合致する突然変異体を、人為的に作り出せる数々の手法が存在する。

問 1 空欄

1

 ~

5

 に入る適切な用語を答えよ。

問 2 下線部(ア)について、全てのウイルスは遺伝物質として核酸を保持しているにもかかわらず、完全な生物とはみなされていない。生物が共通して持つ特徴のうち、ウイルスが持ち合わせていないものを2つ答えよ。

問 3 下線部(イ)は DNA を構成する塩基の数の比に関する重要な発見である。そこで、下線部(ウ)がなぜ下線部(イ)を満たすことができるのか、その理由について DNA の構造的特徴から 50 文字以内で説明せよ。

問 4 下線部(エ)について、以下の記述を読み、正しいものには○、正しくないものには×で答えよ。

- (1) 核の中には多量の短い RNA が蓄積しているため、それらの RNA が DNA に結合してプライマーとして使われる。
- (2) DNA プライマーゼが鋳型鎖に結合して、相補する塩基配列を持つ短い RNA が新生鎖に合成されプライマーとして使われる。
- (3) プライマーはリーディング鎖にもラギング鎖にも作られる。
- (4) 複製された2本鎖 DNA には、プライマー由来の RNA がその後も残る。
- (5) 線状の DNA をもつ真核細胞で分裂毎にテロメアが徐々に短くなるのは、テロメアのくり返し部分が完全に複製されないためである。

問 5 下線部(カ)は、1950 年代にメセルソンとスタールによって証明されたが、彼らは証明実験を行う際に、以下に示す3つの実験上の工夫を施した。その説明を読み、(1)~(5)の問いにそれぞれに答えよ。

工夫 1

自然界に存在する窒素には、主要な ^{14}N と質量数が大きい同位体の ^{15}N がある。そこで、窒素源として ^{14}N を含む普通の培地 (^{14}N 培地) と、より重い ^{15}N を含む培地 (^{15}N 培地) を作り、それぞれで大腸菌を培養した。その結果、 ^{14}N 培地由来の大腸菌は ^{14}N を含む DNA を合成し、 ^{15}N 培地由来の大腸菌は ^{15}N を含む DNA を合成した。したがって、それぞれの DNA は全く同じ配列を持つにもかかわらず、培養された培地に含まれる窒素源の違いにより、異なった質量を持つようになった。

工夫 2

食塩よりも重い塩である塩化セシウムを用いて水溶液を作り、超遠心分離にかけた。超遠心分離とは極めて回転数の高い遠心分離法であり、強力な遠心力をサンプルにかけることができる。図 1 に示す超遠心分離を行うと、遠沈管には回転軸からの距離に応じて異なる遠心力がかかるため、遠沈管内に塩化セシウム密度の連続的な変化(密度勾配)を形成できた。つまり、遠心力の強くかかる部分(遠沈管の底部)では高密度、遠心力の弱い部分(遠沈管の頂部)では低密度の塩化セシウム溶液となった。この方法を使った物質の分離方法を密度勾配遠心分離法とよぶ。

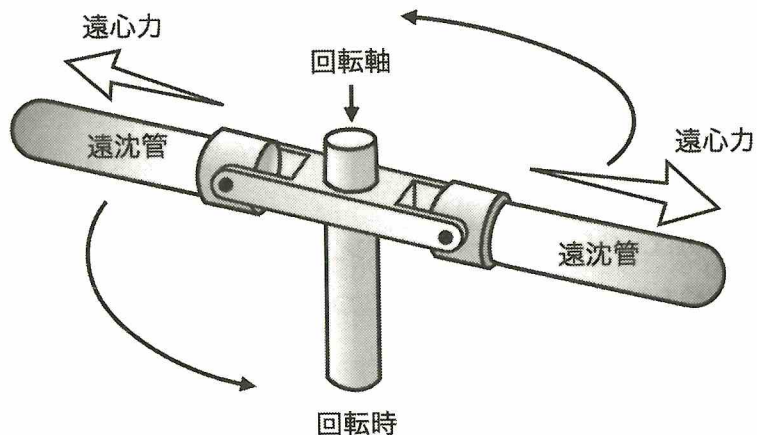


図 1 密度勾配遠心分離法の概念図

遠沈管は回転軸より外側にある部分ほど強い遠心力がかかる。

工夫 3

大腸菌から抽出した DNA 溶液を塩化セシウム溶液に混ぜて密度勾配遠心分離にかけると、DNA はその比重と釣り合う塩化セシウム密度のところに集まった (図 2)。つまり、 ^{14}N を含む DNA は遠沈管の頂部側 (2 の位置) に、そして ^{15}N を含む DNA は遠沈管の底部側 (4 の位置) にバンドとして現れた。

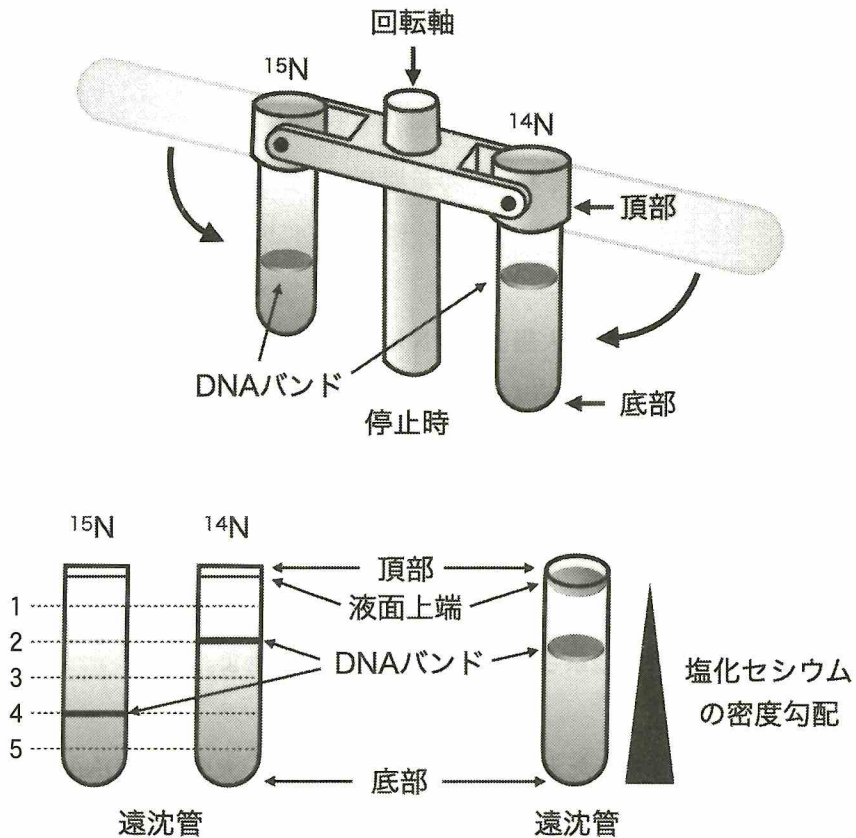


図 2 DNA の密度勾配超遠心分離

DNA はその密度と等しい密度勾配の位置に集まりバンドとして観察できる。

以下の(1)~(5)に示す条件で作られた DNA を，密度勾配遠心分離にかけた場合，それぞれ観察できる DNA バンドの位置を解答用紙の間 5 の遠沈管①~⑤に図示せよ。各バンドは図に指示した 1~5 の位置のいずれかに記入すること。条件によって 1 本の遠沈管に複数本の DNA バンドが観察されるときには，それぞれの量比を反映させること。その場合，DNA 量が 2 倍になれば，DNA バンドの太さも 2 倍になるものとする。ただし，①~⑤の遠沈管間における DNA の量比は考慮しないものとする。

- (1) ^{14}N 培地で培養した大腸菌から抽出した DNA と ^{15}N 培地で培養した大腸菌から抽出した DNA をそれぞれ等量混ぜて，密度勾配遠心分離にかけた場合に観察される DNA バンドの位置を，遠沈管①に図示せよ。
- (2) ^{15}N 培地で培養した大腸菌を ^{14}N 培地に移し，大腸菌の DNA 複製が 1 度だけ行なわれた段階で抽出した DNA を，密度勾配遠心分離をかけた場合に DNA バンドはどの位置に観察されるか遠沈管②に図示せよ。
- (3) ^{15}N 培地で培養した大腸菌を ^{14}N 培地に移し，大腸菌の DNA 複製が 2 度行なわれた段階で抽出した DNA を，密度勾配遠心分離にかけた場合に DNA バンドはどの位置に観察されるか遠沈管③に図示せよ。
- (4) ^{15}N 培地で培養した大腸菌を ^{14}N 培地に移し，大腸菌の DNA 複製が 3 度行なわれた段階で抽出した DNA を，密度勾配遠心分離にかけた場合に DNA バンドはどの位置に観察されるか遠沈管④に図示せよ。
- (5) DNA の複製が半保存的ではなく，新たに 2 本鎖が作られる保存的複製で行われると仮定した場合， ^{15}N 培地で培養した大腸菌を ^{14}N 培地に移し，DNA 複製を一度だけ行った段階で抽出した DNA は，密度勾配遠心分離によってどの位置に観察されると予想できるか。その DNA バンドの位置を，遠沈管⑤に図示せよ。

問 6 下線部(キ)について，適応放散と収れんの例をそれぞれの生物名をあげて答えよ。

問 7 下線部(オ)および下線部(ク)に関連して，突然変異体をうまく利用することで岡崎フラグメントの存在を実験で証明したい。仮にどのような変異体が得られたとすれば証明できるか考え，その理由とともに 100 字以内で答えよ。

生物問題 2

次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

休眠状態にある植物の種子は、水や温度などの環境条件が整うと、発芽して成長をはじめ。植物体には茎と根の先端部に分裂能力の高い未分化な組織があり、茎の先端にある組織を茎頂分裂組織、根の先端にある組織を根端分裂組織という。茎頂分裂組織と根端分裂組織の分裂で生じた細胞はやがて分裂を止めて成長し、前者からは茎や芽(側芽、葉芽、花芽)が、後者からは根が形成される。茎が伸長成長するための原動力は膨圧である。ただし、細胞の内部から細胞壁を押し広げる膨圧には方向性がないため、茎が空に向かって縦方向に伸長成長するためには、茎の細胞を取り囲む細胞壁のセルロース繊維が地面に対して水平に並んで横方向への伸長を抑える必要がある(図1)。さらに、セルロース繊維を上下でつなぎ止めているマトリックス多糖類を分解して細胞壁を柔らかくする必要がある。その分解を促す植物ホルモンは (1) と呼ばれ、細胞内の水素イオンを細胞外に排出する膜輸送タンパク質を活性化させて細胞壁側の pH を低下させるとともに、マトリックス多糖類を分解する酵素の合成を促す。合成された酵素は細胞外の酸性条件で活性化され、セルロースの繊維を架橋するマトリックス多糖類を分解する。その状態で膨圧が上昇すると地面に対して水平に並んだセルロース繊維間の隙間が広がり、茎の細胞が縦方向に伸長する(図1)。

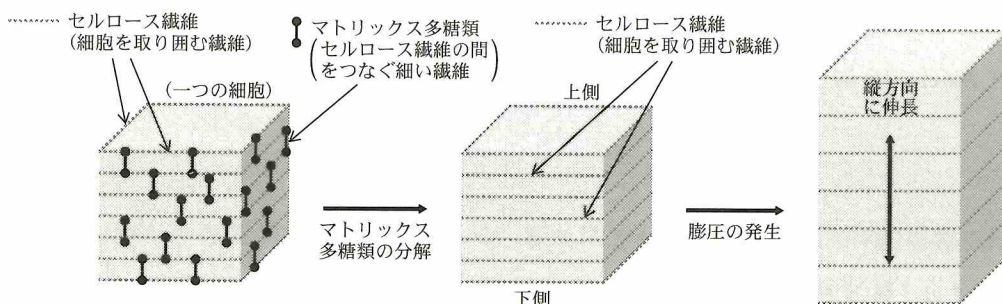


図1 植物細胞が縦方向に伸長成長するしくみ

植物の組織は、3種類(表皮系、維管束系、基本組織系)に分類される。植物の表面を覆って内部の細胞を保護する大切な役割を担っているのは表皮系で、表皮系では一部の細胞が変形して外界との物質のやり取りに関わる組織が形成される。例えば、根の表皮系では根毛が形成され、土壌中から水や無機塩類を吸収する。一方、葉や茎の表皮系では孔辺細胞からなる気孔が形成され、根から吸い上げた水を水蒸気として大気に放出するとともに、二酸化炭素や酸素の出入りを制御する。^(ウ) 図2は、気孔が開閉するしくみを示している。まず、葉に光が当たると光受容体Xにより青色光が受容され、孔辺細胞の細胞膜にある輸送タンパク質を活性化して水素イオン(H^+)を細胞外に排出する。それに伴い膜電位がより負に変化して孔辺細胞内に陽イオンであるイオンYが流入する。すると孔辺細胞内の浸透圧が上昇し、孔辺細胞に水が流入する。結果として膨圧が上昇し、孔辺細胞の細胞壁が伸びる。ただし、孔辺細胞の外側の細胞壁は内側に比べて薄く伸びやすいため、膨圧により孔辺細胞が外側に押し曲げられ、気孔が開く。気孔が開くことで水が水蒸気として抜けて乾燥すると、図2(右)に示した植物ホルモンZの濃度が上昇する。それに伴いイオンYを細胞外に排出する輸送タンパク質の働きが活性化されるため、イオンYが細胞外に流出して孔辺細胞内の浸透圧が低下し、水が流出する。その結果、膨圧が低下して孔辺細胞が縮み、気孔が閉じる。

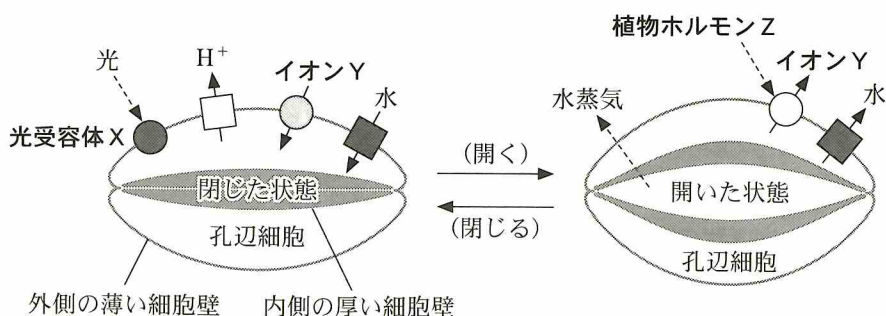


図2 気孔開閉のしくみ

維管束系は、根から吸い上げた水や無機塩類の通り道である木部と、光合成などで作られた有機物などを選択的に輸送する師部からなる。どちらも管状の構造体であるが、木部の道管は細胞ごとに上下の細胞壁および細胞質が消失しているが、師部の師管^(エ)は核のみが消失して細胞質が残っている細胞で構成されている。また、師部には核や細胞質を持つ伴細胞も存在し、師管の細胞に栄養分を補給していると考えられている。一方、表皮系と維管束系以外の組織は基本組織系といい、代謝が盛んな柔組織と、植物体を機械的に支える役割を担っている厚壁細胞などが存在する。葉の柔組織は光合成を行う葉肉細胞からなり、双子葉類では光が当たる葉の表側には柵状組織^(オ)が、光が直接当たらない裏側には細胞間隙が発達した海綿状組織が並ぶ(図3)。しかし、図3に示した構造は、葉が垂直に伸びているために裏側にも光が当たるイネなどの単子葉類には見られない。茎や根では柔組織が皮層や髄を形成する。どちらも光合成による同化産物などを貯蔵する役割を担っているが、茎の皮層には葉緑体が存在し、光合成も行っている。また、伸長成長する根の先端部には根端分裂組織を保護する (2) があり、その細胞内には重力を感知する役割を担う細胞小器官の (3) が存在する。

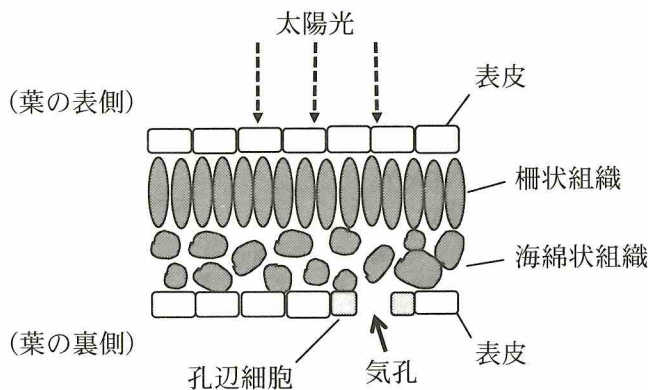


図3 一般的な双子葉植物の葉の内部構造

問 1 空欄 (1) ~ (3) に入る適切な用語を答えよ。

問 2 下記の文章(a～d)は、下線部(ア)に記載した膨圧に関する説明文である。正しい文章を全て選択し、記号で答えよ。

- a. 植物細胞を高張液に浸すと膨圧が上昇する。
- b. 細胞内に水が流入することで生まれる力である。
- c. オジギソウの接触傾性は、膨圧の可逆的な変化により起こる運動である。
- d. 植物細胞の膨圧が上昇すると細胞の吸水力も上昇する。

問 3 下線部(イ)について、細胞を取り囲むセルロースの繊維を地面に対して水平方向に並べる作用に関わっている植物ホルモンの名称を答えよ。

問 4 下線部(ウ)の現象を何と呼ぶか答えよ。

問 5 図 2 に描かれている光受容体 X とイオン Y, そして植物ホルモン Z の名称を答えよ。なお、孔辺細胞には葉緑体が観察される。図 2 に描かれた気孔が開くしくみから、孔辺細胞が葉緑体を持つ理由を考え、100 字程度で答えよ。

問 6 下線部(エ)について、師部を形成する師管の細胞には細胞質や細胞膜が残っており、酵素をはじめ膜輸送や情報伝達に関わるタンパク質も存在する。師管が道管とは異なり生細胞からなる理由を考え、100 字程度で答えよ。

問 7 下線部(オ)について、一般に地面に対して水平に広がっている双子葉類の葉は、光が当たる表側に柵状組織が、そして光が直接当たらない裏側に海綿状組織が分布している(図 3)。その理由を考え、100 字程度で答えよ。