

令和7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24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。

令和7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 学生課入試係 052-853-8020

許可なしに転載、複製
◇M14(750-126)
することを禁じます。

解 答 用 紙 訂 正

科 目 名 : 理科（後期）

<訂正1>

物理問題 1 解答用紙（6）横軸

（誤） Z

（正） z（小文字）

<訂正2>

生物問題2 解答用紙 問2

（誤） Gタンパク質型共役型受容体：

（正） Gタンパク質共役型受容体：

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	13 ”

生 物	問題 1	17 ページ
	” 2	21 ”

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

質量 M 、底面積 S 、高さ h の密度が一様な剛体の直方体 A がある。直方体 A は鉛直方向にのみ運動するものとする。重力加速度の大きさを g 、水の密度を ρ 、円周率を π とする。空気の抵抗、空気中での浮力、水の抵抗や運動、水位の変化は無視できるものとする。

- (1) 直方体 A を水面に静かに浮かべたところ、図 1 のように、直方体 A の下端から水面までの高さが z_0 ($0 \leq z_0 \leq h$) の位置で静止した。 z_0 を求めよ。
- (2) (1) の状態から、直方体 A を手で静かに z_1 ($z_1 \leq h - z_0$) の長さだけ押し下げた。このとき直方体 A から手に働く力の大きさを求めよ。
- (3) (2) の状態から静かに手を離すと直方体 A は単振動を行った。手を離した瞬間の直方体 A の加速度を求めよ。直方体 A の鉛直下向きを正方向とする。
- (4) 直方体 A を、図 1 の状態から z_1 の長さを押し下げる間に、手が直方体にした仕事を求めよ。

次に、図1の状態に戻したのち、質量 m 、底面積 S 、高さ h の密度が一樣な剛体の直方体 B を直方体 A の上に静かに置いたところ、図2のように、直方体 A と直方体 B は一体となって高さ $2h$ の直方体となり、直方体 A の下端から水面までの長さが $\frac{5}{4}h$ の位置で静止した。直方体 A と直方体 B は、質量以外形は同じで、間に水が入ることなく一体となって鉛直方向にのみ運動するものとする。このときの直方体 B の上面の位置を基準 ($z=0$) として、鉛直下向きの直方体 B の上面の変位を z とする。

(5) 質量 m と質量 M の比 (m/M) を h と z_0 を使って示せ。

(6) さらに直方体 B に対して、手で上から z 軸方向に静かに力を加えて、直方体 A と B をゆっくり沈め、直方体 B の上面が水面から深さ d となる位置で静止させた。直方体 B の上面が $z=0$ から深さ d となるまでの、直方体 B が手に及ぼす力の大きさ F の変化をグラフに表せ。ただし直方体 B の上面が水面を通過するときの点を P として、点 P の z と F の値を軸上に記すこと。

(7) その後、手を離れたところ、直方体 A と B は上昇し、直方体 A の下端が水面に達した時に速さが 0 となった。深さ d は h の何倍か。

(8) その後、直方体 A と B は沈みはじめた。沈みはじめてから直方体 B の上面が初めて $z=0$ に戻るまでの時間はいくらか。

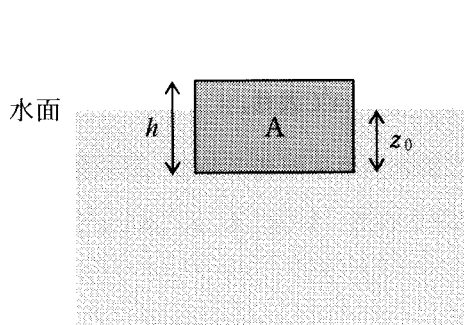


図1

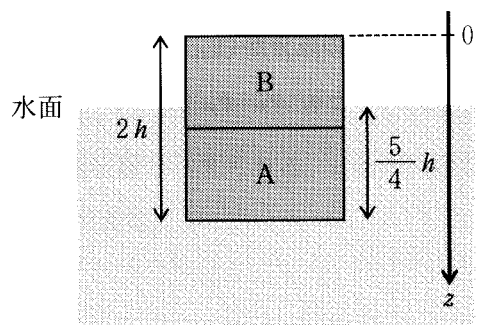


図2

物理問題 2

一様な磁束密度 B の磁場がかかっている場合の、荷電粒子 A の運動を考える (図 1)。A の質量を m 、電荷を q とする。B の向きを z 軸方向正の向き (紙面に垂直手前向き) とし、A は z 軸に垂直な x - y 平面内に速度 $\boldsymbol{v}$ をもつものとする。A の受けるローレンツ力は $\boldsymbol{v}$ に垂直な向きで、図 1 は q が正の場合である。

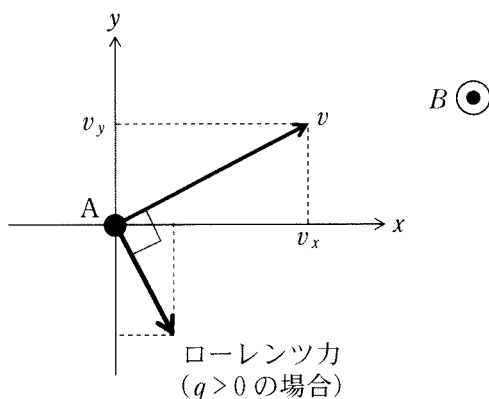


図 1

- (1) A は x - y 面内で円運動をする。 $v = |\boldsymbol{v}|$ として、円運動の半径と周期を、 q 、 m 、 v 、 B 、円周率 π のうち必要なもので表せ。
- (2) 粒子 A が円軌道を 1 周する間に磁場 (磁束密度) からされる仕事はいくらか。
- (3) 速度の成分が (v_x, v_y) と与えられる場合、A が受けるローレンツ力の x 成分、 y 成分を q 、 v_x 、 v_y 、 B 、 m のうち必要なものを用いて表せ。

次に、導体内の荷電粒子 A に電場をかけた場合の運動を考える。導体は x 軸方向には無限に続き、断面は y 軸方向に a 、 z 軸方向に b の長さを持つ(図 2)。A は導体内に多数あり、均一に広がっていて、単位体積当たりの数は n である。すべての粒子 A は同一の速度を持つと仮定し、A 同士の反発は無視する。 x 軸方向正の向きに電場 E をかけた。

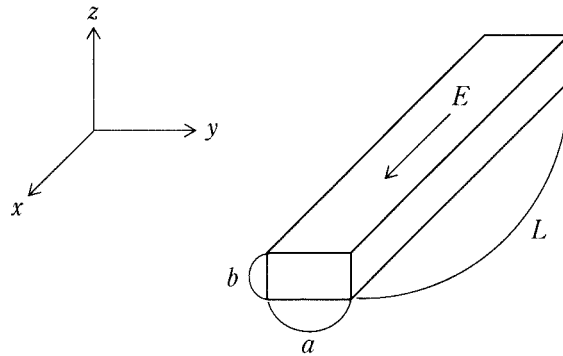


図 2

- (4) 粒子 A は電場により加速する。1 つの粒子 A が減速することなく導体を距離 L だけ通過する場合、その運動エネルギーの変化量はいくらか。 q 、 m 、 L 、 E 、 a 、 b のうち必要なもので表せ。
- (5) 導体中にはイオン等があるため、A がイオンと衝突すると速度の x 成分が減り減速する。電場による力と衝突による抵抗がつりあうと、A は x 軸方向正の向きに一定の速度 v で動くようになる。抵抗力を $-kv$ (k は比例定数) とするとき、 v を q 、 m 、 k 、 E のうち必要なもので表せ。
- (6) 電流は、導体の断面を単位時間に通過する電荷量で与えられる。 x 軸方向の電流を q 、 m 、 a 、 b 、 n 、 k 、 E のうち必要なもので表せ。

最後に、図2の導体に、 x 軸方向正の向きの電場 E に加え、 z 軸方向正の向きの磁場(磁束密度 B)をかけた場合を考える。ローレンツ力により A は進行方向を曲げるため、 y 軸方向に電荷の偏りが生じ、 y 軸方向の電場 E' が発生する。

(7) A には、外からかけた電場 E による力、発生した電場 E' による力、ローレンツ力がかかる。また、 A は x - y 面内の速度 $\boldsymbol{v} = (v_x, v_y)$ を持ち、イオンからの抵抗力 $-k\boldsymbol{v} = (-kv_x, -kv_y)$ がかかる。粒子 A にかかる力の x 成分、 y 成分を q, k, B, E, E', v_x, v_y のうち必要なものを用いて表せ。

(8) A にかかる力がつりあっている場合の、 x 軸方向と y 軸方向の速度 v_x, v_y を q, k, B, E, E' を用いて表せ。

(9) 導体は y 軸方向の長さには限りがあるため、つりあいの状態では y 軸方向の電流は0となる。この時、電荷の偏りによって生じた y 軸方向の電場 E' を q, k, B, E を用いて表せ。

(10) x 軸方向の電流を q, n, a, b, k, B, E' を用いて表せ。

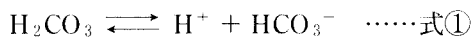
化 学

化学問題 1

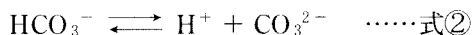
次の(1)と(2)の文章を読み、問1～問11に答えよ。気体は全て理想気体と考え、計算した数値は有効数字2桁で記せ。必要があれば気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$, $H = 1.00$, $C = 12.0$, $O = 16.0$ を用いよ。

- (1) CO_2 の水への溶解はヘンリーの法則にしたがい、 27°C , $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ において、 CO_2 は水 1 L に対して 0.030 mol 溶解する。 27°C , $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ の大気中に含まれる CO_2 は、体積百分率で 0.040 % を占める。液体の水の蒸発は無視できるものとする、この大気と平衡状態にある 27°C の水に溶解する CO_2 のモル濃度は 1 (mol/L) である。次に、3.50 L の体積をもつ耐圧容器に、 CO_2 の気体 0.20 mol を液体の水とともに封入して激しく振り混ぜた。 27°C で静置したところ、容器内には CO_2 を含んだ炭酸水が 0.50 L 生成した。容器内の気相の圧力は 2 (Pa) であり、炭酸水中に溶け込んだ CO_2 のモル濃度は 3 (mol/L) である。

水に溶けた CO_2 は H_2CO_3 となり、 27°C において次に示す2段階の電離平衡の状態となる。



$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = 4.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L} \quad \text{p}K_1 = -\log_{10} K_1 = 6.4$$



$$K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} = 5.0 \times 10^{-11} \text{ mol/L} \quad \text{p}K_2 = -\log_{10} K_2 = 10.3$$

$K_1 \gg K_2$ であるため、1段階目の解離で生じた HCO_3^- のモル濃度 ($[\text{HCO}_3^-]$)のうち、2段階目の解離によって消費される割合は無視できるくらい小さい。したがって、気体の CO_2 を水に溶かして平衡に達している 27°C の水溶液において、 $[\text{CO}_3^{2-}]$ は近似的に 4 (mol/L) と求められる。

NaHCO_3 を水に溶解し、モル濃度が A mol/L の水溶液を作成した。この水溶液中で生じた H_2CO_3^* は、式①の左向きの平衡移動で x mol/L だけ濃度減少し、同時に式②の右向きの平衡移動で y mol/L だけ濃度減少して平衡に到達したと仮定する。このとき電離定数 K_1 と K_2 を、 A 、 x 、 y を用いて表すと以下ようになる。

$$K_1 = \frac{(y - x)(A - x - y)}{x}$$

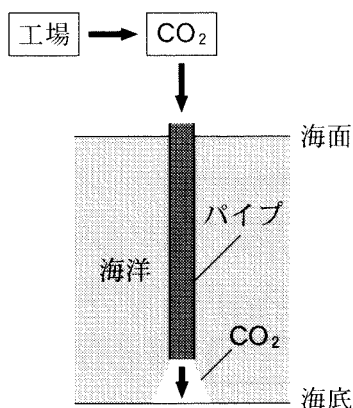
$$K_2 = \text{A}$$

$$\text{したがって } K_1 K_2 = [\text{H}^+]^2 \times \text{B}$$

$xK_1 = Ay - y^2 - Ax + x^2$ において、 xK_1 、 y^2 、 x^2 はすべて、 A を含む2項に比べて非常に小さいため、 $x \approx y$ と近似できる。このことから任意の濃度の NaHCO_3 水溶液の pH は、近似的に 5 と求められる。

ヒトの血液の pH は、主に式①と式②の平衡に基づく緩衝作用により、7.4 付近に保たれている。この pH 7.4 付近において $[\text{H}_2\text{CO}_3^*]$ 、 $[\text{HCO}_3^-]$ 、 $[\text{CO}_3^{2-}]$ の中で最も大きいのは C である。呼吸困難や過呼吸により血液の pH が 7.35 以下あるいは 7.45 以上になると、さまざまな身体症状が現れる。^①

気体の CO_2 は地球温暖化を引き起こす温室効果ガスとして、近年取り上げられることが多い。この問題への対応策の1つとして、 CO_2 をパイプで深海に送り込み、液体の状態にして海洋隔離しようとする技術開発が行われている。この方法の概念図を以下に示す。 CO_2 は、 15°C 、 $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ では気体であるが、水深の増加に伴って、放出時の CO_2 の密度 $\rho [\text{g}/\text{cm}^3]$ は増加する。^②ある水深以深では、 CO_2 は液体の状態^③で放出される。液体の CO_2 は、浅い水深では上昇するが、深い水深では下降するので、液体の CO_2 を深海底に隔離することができる。海水面では圧力が $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ であるが、水深が 1 m 増加するごとに、水圧は $1.00 \times 10^4 \text{ Pa}$ 増加する。



では、なぜ深海では液体 CO_2 の密度が増加するのであろうか。 CO_2 分子の間に弱く働く分子間力は D であり、低圧では分子間の距離が長く、高圧にすると単位体積あたりの分子数が増加する。一方、 H_2O 分子の間には E による強い分子間力が働くので、低圧においても分子間の距離が短く、高圧にしても単位体積あたりの分子数があまり変化しない。高圧となる深海では、 CO_2 と H_2O で単位体積あたりの分子数が近くなる。一方で構成元素の観点から CO_2 の方が H_2O より F が大きい。したがって水深が数千メートルを超えるような深海では、 CO_2 の密度は H_2O の密度より高くなり、 CO_2 は H_2O が主成分の海水中で自然に下降する。

炭素原子には、G 殻に 4 個の価電子が存在する。CH₄ の炭素原子では、これらの価電子が 1 つの 2s 軌道と 3 つの 2p 軌道が混成した H 軌道に均等に配置されるため、水素原子との間に等価な 4 本の σ 結合が形成される。このため CH₄ 分子を構成する 4 つの H 原子は、I の頂点に配置されたような構造をもつ。一方、CO₂ の炭素原子では、2 個の価電子が J 軌道に、
残りの 2 個の価電子が p 軌道に配置され、2 本の σ 結合と 2 本の K 結合が形成される。
J 軌道と 2 つの p 軌道は互いに直交するような空間配置となり、CO₂ 分子を構成する炭素原子と 2 個の酸素原子は、L 上に配置された構造をもつ。

問 1. 1 ~ 5 に入る数値を求め、例にならって指数表記で記せ。

例) 0.0070 は 7.0×10^{-3} 、2.3 は 2.3×10^0 と記す

問 2. A ~ L に入れるのに最も適切な語句、関係式や記号を記せ。

問 3. 下線部①に関して、体内の CO₂ が失われたとき、血液の pH が上昇する理由を、式①、式②の平衡移動に注目して 60 字以内で説明せよ。

問 4. 下線部②に関して、水温 15℃、水深 20.0 m で放出される CO₂ の密度 ρ [g/cm³] を求めよ。

問 5. 下線部③に関して、CO₂ が液体として放出される最も浅い水深は何 m か。ただし、15℃における CO₂ の蒸気圧は 5.0×10^6 Pa である。

問 6. 下線部④に関して、CO₂ の電子式を記せ。

問 7. 下線部⑤で述べられている CO₂ 分子の構造上の特徴を踏まえて、CO₂ が分子全体で極性を持たない理由を 100 字以内で記せ。

(2) 水溶液 B は、硝酸銀、硝酸銅(Ⅱ)、硝酸鉛(Ⅱ)、硝酸鉄(Ⅲ)の4種類の化合物を溶解した混合物である。この水溶液 B を用いて、以下に記す操作を行った。なお、各操作において、化学反応は完全に終了するものとする。

(操作 1) 水溶液 B を試験管に取り、希塩酸を加えて振り混ぜたのち、ろうとに載せたろ紙でろ過して沈殿 1 とろ液 1 を得た。

(操作 2) 沈殿 1 に水をかけて表面の不純物を洗い流したのち、熱水を加えてろ過し、沈殿 2 とろ液 2 を得た。

(操作 3) ろ紙上に残った沈殿 2 に太陽光を当てて変化を観察した。

(操作 4) ろ液 2 が入った試験管の外側を冷水で冷却後、ろ液 2 にクロム酸カリウム水溶液を少量加えたところ、黄色の沈殿 3 が生じた。

(操作 5) ろ液 1 の入った試験管にアンモニア水を少量ずつ加え、その都度ガラス棒でかき混ぜた。その後、ろ過したところ、赤褐色の沈殿 4 と深青色のろ液 4 を得た。

(操作 6) 沈殿 4 を試験管に少量とり、希塩酸を加えて沈殿を溶かした。そこにヘキサシアニド鉄(Ⅱ)酸カリウム水溶液を少量加えたところ、濃青色沈殿が生じた。

(操作 7) 新しい試験管に亜鉛板を入れ、ろ液 4 と希塩酸を少量ずつ交互に加えたところ、亜鉛板の表面に金属が析出した。

(操作 8) 析出した金属を単離したところ、赤色光沢が見られた。

問 8. 沈殿 2 ～ 4 の化合物を化学式で記せ。

問 9. 操作 3 で、沈殿 2 に太陽光を当てたときに起きる化学反応の反応式を記せ。

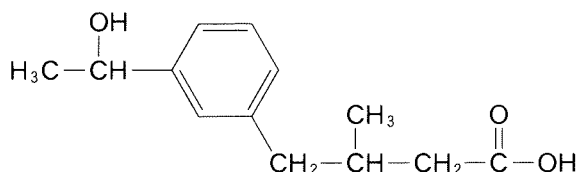
問 10. 操作 5 で、ろ液 4 が深青色を示すもとなる錯イオンのイオン式を記せ。

問 11. 操作 7 で、亜鉛板の代わりに用いたときに、赤色光沢をもつ沈殿が観察されないのは、アルミニウム板、鉄板、白金板のうちどれか。該当するものを全て記せ。

化学問題 2

次の(1)~(3)の文章を読み、問1~問11に答えよ。構造式は以下の例にならって記せ。必要があれば、次の原子量を用いよ。H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0, N = 14.0, Na = 23.0

<例>



(1)

次の実験1~実験4を行った。ただし、実験1と実験2の各反応において、炭素原子間の結合は切れないものとする。

実験1. 化合物 **A** は分子式が $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$ で表されるアルコールであり、不斉炭素原子をもたない。化合物 **A** を、 $160^\circ\text{C} \sim 170^\circ\text{C}$ に加熱した濃硫酸に加えると、分子式 C_5H_{10} で表される化合物 **B** と **C** が生じた。ただし、化合物 **B** と **C** は互いにシス-トランス異性体ではない。

実験2. 化合物 **B** と **C** の混合物に適当な触媒の存在下、塩化水素を付加させると、主生成物として化合物 **D** が得られた。

実験3. 化合物 **B** と **C** にそれぞれ低温でオゾンを作用させ、さらに亜鉛と酢酸を加えて還元すると、化合物 **B** からはホルムアルデヒドと化合物 **E** が得られ、化合物 **C** からは化合物 **F** と **G** が得られた。フェーリング液に化合物 **F** を加えて加熱すると、赤色の沈殿が生じた。

実験4. 化合物 **A** の構造異性体のうち2つの化合物について、それぞれ硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液により完全に酸化させ、水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を加えて反応させると、いずれからも黄色沈殿を生じた。

問 1. 下線部①について、化合物 **A** も含め、構造異性体の数を記せ。

問 2. 化合物 **A** の構造式を例にならって記せ。

問 3. 化合物 **B**～**G** の構造式を例にならって記せ。

問 4. 下線部②について、生じた沈殿の化学式を記せ。

問 5. 実験 4 について、下線部③の化合物の構造式を例にならって記せ。また、
生じた黄色沈殿の分子式を記せ。

(2)

触媒を用いてアセチレンに酢酸を付加させて、化合物 **P** を生成させた後、これ
①を付加重合させると、高分子化合物 **Q** が得られる。この高分子化合物 **Q** を水酸化
ナトリウム水溶液により ア すると、ポリビニルアルコールが得られる。そ
の後、ポリビニルアルコールをホルムアルデヒドによりアセタール化すると、水に
不溶な②ビニロンが合成される。ビニロンは適度な吸湿性をもつ。また、強度が高
く、③耐薬品性にも優れるので、衣料、テントなどに用いられる。

問 6. 化合物 **P** の名称を記せ。

問 7. 空欄 ア に入るもっとも適切な語句を記せ。

問 8. 下線部①について、アセチレンに水を付加させて生成した化合物からは、
ポリビニルアルコールを合成できない。その理由を簡潔に記せ。

問 9. 下線部②について、アセチレン 260 g を原料としたとき、最終的に何 g の
ポリビニルアルコールが得られるか。ただし、各段階の反応は完全に進行し
たものとする。

問10. 下線部③について、ポリビニルアルコール 88.0 g を 15 % ホルムアルデ
ヒド水溶液で処理したところ、ポリビニルアルコール中のヒドロキシ基のう
ち 35 % がアセタール化され、ビニロンが得られた。

(i) 得られたビニロンの質量(g)を有効数字 2 桁で求めよ。

(ii) 35 % のヒドロキシ基をアセタール化するのに使われたホルムアルデヒ
ド水溶液の質量(g)を有効数字 2 桁で求めよ。

(3)

タンパク質は、多数の α -アミノ酸が脱水縮合して連なった構造をしている。この縮合により形成された結合を 結合という。タンパク質中のアミノ酸の配列順序をタンパク質の 構造という。タンパク質に熱、酸、塩基、重金属イオン、有機溶媒などを作用させると、分子の形状が変化して性質が変わる。これをタンパク質の という。

タンパク質の水溶液に水酸化ナトリウム水溶液と 水溶液を加えて振り混ぜると、 色を呈する。この反応はビウレット反応とよばれ、 分子以上のアミノ酸からなる が と錯イオンをつくることによって起こる。タンパク質の水溶液に濃硝酸を加えて加熱すると、タンパク質中に含まれるアミノ酸の が 化されて黄色になり、さらに、冷却後アンモニア水を加えて塩基性になると橙黄色になる。この反応は 反応とよばれる。

問11. ~ にもっとも適切な語句等を記せ。ただし、 には数字を、 にはイオン式を記せ。

生 物

生物問題 1

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

生物学の研究では、調べたい内容に対してどのような生物を実験に用いるかによって、その成否が大きく分かれる。例えば、1 はエンドウを用いて遺伝の法則を見つけ、モーガンは 2 を用いて染色体地図を作成した。特定の科学的な研究目的を達成するために、飼育や栽培や培養が簡単で、目的とする現象が観察しやすい生物が好んで選ばれる。研究者に広く使われている代表的な生物は、モデル生物と呼ばれる。具体例をあげると、原核生物では 3，単細胞の真核生物では酵母、植物ではイネやシロイヌナズナ、無脊椎動物ではセンチュウやウニ、脊椎動物の両生類ではアフリカツメガエル、4 類ではマウスなどがあげられる。最新の研究に役立つモデル生物は、ゲノムの全塩基配列が決定されてい^(ア)たり、遺伝子操作が容易に行えたりするなどの利点がある。研究を効率的に進めるためには、変異体が容易に得られ、その変異の原因遺伝子を特定でき、さらに調べ^(イ)たい遺伝子に変異を導入できることが重要である。

小型魚を使った研究では、メダカはゼブラフィッシュと並んで重要なモデル生物である。メダカはもともと南アジア原産であるが日本で古くから小川や田んぼに生息^(ウ)し、江戸時代からは観賞用としても愛好されてきた。これらの小型魚の受精卵は透明であるため胚発生の過程を詳細に調べるのに役立った。名古屋市科学館の「生きもののラボ」には、緑色に光るメダカが適切な管理のもと展示されている。このメダカはオワンクラゲ由来の緑色蛍光タンパク質(GFP)遺伝子が導入されており、GFPが筋肉組織で発現するように工夫されている。^(エ)このように、本来その生物には存在しない外来遺伝子が導入され体内で発現している生物を 5 と呼ぶ。

問 1 文章中の 1 ～ 5 に入る適切な人名や用語を答えよ。

問 2 下線部アについて以下の問に答えよ。

1970 年代にフレデリック・サングーは、効率的に DNA の塩基配列を決定する方法(サングー法)を発明し、1980 年のノーベル化学賞を受賞した。サングー法は、DNA の片方の鎖を鋳型に、もう片方の相補的な鎖を DNA ポリメラーゼによって合成することを利用している。以下の記述で正しいものには○、正しくないものには×で答えよ。

1. DNA 合成は、適切な条件下で鋳型となる DNA と DNA ポリメラーゼ、DNA の材料となる 4 種類のヌクレオチドがあれば進行する。
2. サングー法で塩基配列を決定するための反応に用いられるヌクレオチドには、DNA 合成を止める作用のある特殊なヌクレオチドが混ぜられている。
3. サングー法では、塩基配列確認のための電気泳動の前に、制限酵素により DNA を切断する必要がある。
4. サングー法によって 80 億塩基対のヒトゲノムの全塩基配列決定を早期に完了するために、3'→5' 方向に合成できる DNA ポリメラーゼも利用した。
5. 現在では、サングー法よりも大量の DNA 配列を一度に決定できる次世代シーケンサーが開発され活用されている。

問 3 下線部イについて以下の問に答えよ。

ゲノム中の特定の遺伝子に対して、より短時間かつ確実に遺伝子変異を導入するために、ゲノム編集が考案された。シャルパンティエとダウドナは CRISPR-Cas 9 法を開発して、2020 年のノーベル化学賞を受賞した。その CRISPR-Cas 9 法について、以下の用語を用いて 100 字程度で説明せよ。

Cas 9 タンパク質、標的 DNA 配列、ガイド RNA、DNA 修復

問 4 下線部ウについて、メダカは 2003 年に環境省から絶滅危惧種として指定された。野生のメダカが急速に減少した理由を 2 つ考えてそれぞれ回答欄に答えよ。

問 5 下線部(エ)について、以下の文章を読み小問 1～4 に答えよ。

緑色に光るメダカは、*OIMA 1* 遺伝子に由来するプロモーターに緑色蛍光タンパク質 (GFP) 遺伝子の転写領域が連結された DNA 配列がゲノムに導入されている。*OIMA 1* タンパク質は骨格筋^(オ)で主に発現するアクチンであり、その遺伝子のプロモーターのはたらきにより^(カ)GFP が全身の骨格筋部分に発現し、青色光で照らされるときれいな緑色に光る。

1. 下線部(オ)について、筋原繊維を電子顕微鏡で観察すると、暗帯と明帯が Z 膜で仕切られた構造をしている。骨格筋が弛緩した場合と収縮した場合のサルコメアの構造を、細いアクチンフィラメントと太いミオシンフィラメント、Z 膜の 3 要素を示しつつ、それぞれ模式的に図示せよ。
2. アクチンは、筋肉以外にも存在する。その場合の、アクチンのはたらきを答えよ。
3. ミオシンは、その立体構造を大きく変化させるタンパク質として知られている。図 1 は、アクチンフィラメントとミオシンフィラメントによる筋収縮の一部を示しているが、物質名 a～c をそれぞれ答えよ。また、

X

におけるミオシン頭部の構造を回答欄の図に描き加えよ。

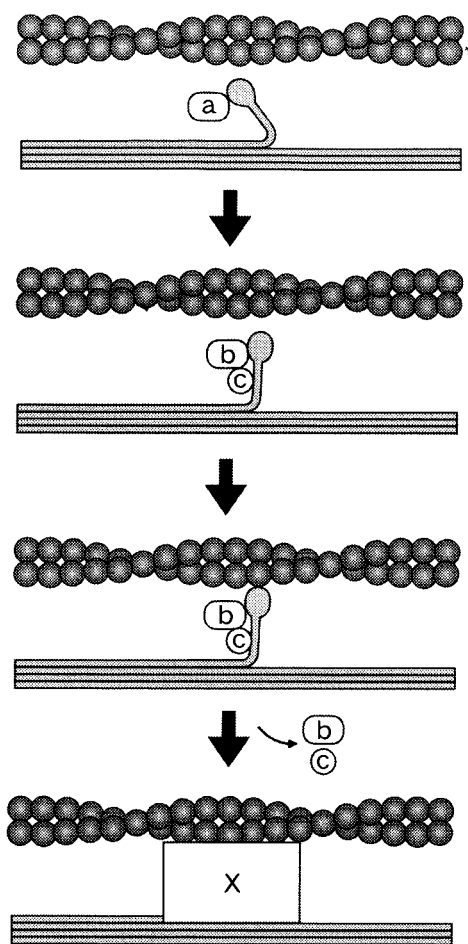


図 1

4. 下線部(カ)について、一般的に全身に GFP が発現した生物は、寿命が短かったり、発生に異常を示したりすることがある。その場合、どのような理由が推測できるか 100 字程度で答えよ。

生物問題 2

次の(1)と(2)の文章を読み、問1～問5に答えよ。

(1)

ニューロンを伝わる情報は、細胞体や軸索で発生する電気的な信号である。細胞には、細胞膜を挟んで外側と内側に電位の差があり、細胞膜の外側を基準とした時の内側の電位を膜電位という。ニューロンが刺激を受けたり、他の細胞から信号を受け取ったりすると、膜電位は負から正の値になり、すぐ(約1/1000秒後)元の静止電位に戻る。この短時間の膜電位の変化を活動電位(図1)という。

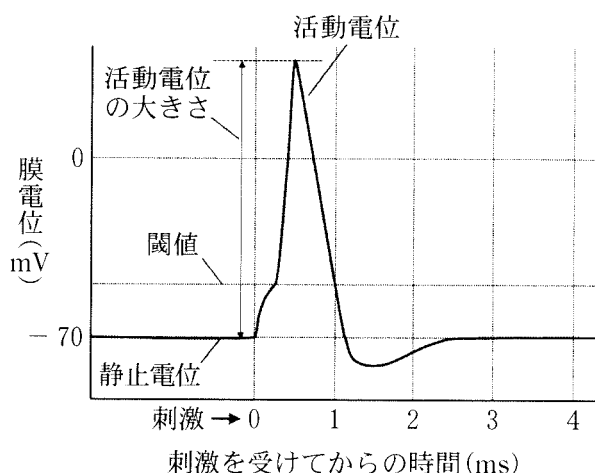


図1 活動電位(※このグラフの閾値は、活動電位の発生に必要な最小限の脱分極の大きさを示す。)

軸索の末端(神経終末)は、他のニューロンや効果器と、狭いすきまをへだてて接続している。この接続部位がシナプスであり、すきまをシナプス間隙という。シナプスにおいて軸索から隣の細胞へと情報が伝わることを伝達という。シナプスでは神経伝達物質という化学物質で隣の細胞へと情報が伝わる。

シナプス伝達のしくみは、20 世紀後半からさまざまな実験が行われることで明らかにされてきた。たとえば、イカには一般的な軸索の数百倍の太さの巨大軸索が存在し、実験を容易に行うことができる。イカの巨大軸索においてシナプス前細胞を電気刺激して活動電位を発生させると、シナプス後細胞にも活動電位が発生した。しかし、シナプス前細胞の神経終末内部への Ca^{2+} 流入を阻害するように薬剤で処理しておく^(ウ)と、シナプス前細胞を電氣的に刺激してもシナプス後細胞には活動電位が発生しなかった。

問 1 下線部ア)の活動電位発生のしくみについて、以下の文中の 1 ~ 3 にあてはまる最も適切な語句をそれぞれ答えよ。

ニューロンが他のニューロンからの信号を受け取ったり、電気刺激を受けたりとすると脱分極が起こる。脱分極の大きさが閾値に達すると、多数の 1 が一斉に開いて膜電位は急激に上昇して最大値に到達する。1 は短い時間だけ開き、すぐに閉じる性質を持っている。さらに、脱分極の刺激によって 2 が遅れて開くことで、膜電位は急降下して、再びもとの静止電位に戻る 3 が起こる。

問 2 下線部イ)の神経伝達物質の受容体には、主にイオンチャネル型受容体と G タンパク質共役型受容体が存在する。それぞれの受容体について、50 字程度で説明せよ。

問 3 下線部ウ)について以下の問に答えよ。

この実験の結果は、「興奮がシナプス前細胞の神経終末に到達して脱分極を引き起こすと、神経終末内部の Ca^{2+} 濃度が上昇することで、神経伝達物質がシナプス間隙へと放出される」という仮説と合うが、他の可能性も考えられる。実際にシナプス前細胞の興奮によってシナプス前細胞の神経終末の Ca^{2+} 濃度が上昇することで、神経伝達物質がシナプス間隙に放出されることを証明するためには、この実験以外にシナプス前細胞の神経終末に対してどのような実験を行えば良いか、2 つの実験を考えてそれぞれ 50 字程度で説明せよ。

(2)

脊椎動物の運動ニューロンが興奮してアセチルコリンが放出されると、アセチルコリンを受容した筋細胞で活動電位が発生して、膜電位が 100 mV 近く上昇する。しかし、運動ニューロンが興奮する時の神経終末への Ca^{2+} の流入量を大きく低下させると、筋細胞で脱分極が生じないか、あるいは 1 mV 程度の小さな脱分極しか起こらなかった(図 2)。同じような小さい脱分極は、運動ニューロンが興奮しない時にも観察された。何回もこの実験を行うと、小さな膜電位上昇 1 つ 1 つの大きさは、0.4 mV, 0.8 mV, 1.1 mV, 1.6 mV でピークを示した(図 3)。なお、1 つのアセチルコリン受容体が引き起こす筋細胞の脱分極は、1 mV の 1 万分の 1 程度である。

著作権の関係上、掲載していません。

変化

著作権の関係上、掲載していません。

問 4 図 2 と図 3 の実験結果によって、シナプスにおける神経伝達物質放出のどのようなしくみが明らかになったと考えられるか、理由とともに 100 字程度で説明せよ。

問 5 神経伝達物質に限らず、物質を細胞外に放出する現象は、神経以外のさまざまな細胞にも観察される。この現象の名前を答えよ。