

令和2年度・入学試験問題

理 科 (前)

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34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. 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。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。
7. 受験科目選択上の注意(重要)

「物理」、 「化学」、 「生物」のうち2科目を選択して解答しなさい。

選択しなかった科目の解答用紙は試験開始後、90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8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2年度個別学力検査

医学部 前期日程
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
することを禁じます。

理 科 問 題

物 理	問題 1	3 ページ
	” 2	5 ”
	” 3	7 ”
	” 4	9 ”

化 学	問題 1	11 ページ
	” 2	15 ”
	” 3	17 ”
	” 4	19 ”

生 物	問題 1	21 ページ
	” 2	23 ”
	” 3	26 ”
	” 4	28 ”

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	4 枚

物 理

物理問題 1

質量の無視できる自然長 L のゴムひもの両端に、大きさの無視できる質量 M の 2 つの小球 A および B が接続されている。ゴムひものは、引き伸ばされた状態では伸びに比例する復元力(比例定数 k)が働くが、たるんだ状態では復元力は働くことはなく、また小球の運動を妨げないものとする。重力加速度を g とする。また空気抵抗は無視できる。

- (1) 図 1 のように、天井のある点に小球 B が固定され、小球 A が静かに吊るされている。この時のゴムひもの自然長からの伸び X_0 を求めよ。

次に、小球 A を小球 B と同じ位置まで持ち上げ、小球 A を自由落下させた。

- (2) 小球 A が最速となる速度 V_{\max} を求めよ。
(3) 小球 A が最下点に達した時刻 $t = 0$ のゴムひもの自然長からの伸び X_1 を求めよ。
(4) 小球 A が最下点に達してから、次につりあいの位置に達するまでの時間 T_1 を求めよ。
(5) 小球 A が最初に最下点に達してから 2 回目に最下点に達するまでの変化について考える。つりあいの位置 ($t = T_1$) から自然長に達するまでの時間を T_2 とする。

このとき、最下点の時刻 $t = 0$ から $t = T_1$ までの小球 A の動きと $t = T_1 + T_2$ から再び自然長となる $t = T_3$ までの小球 A の動きの相違点を文章で説明せよ。

小球 A が最下点に達した後、上昇運動する小球 A がゴムひもの自然長の位置に達した瞬間、固定されている小球 B を静かに解放した場合を考える。

- (6) 小球 A と小球 B が衝突する位置の天井からの距離 H を求めよ。

一方で，小球 A が最下点に達した瞬間($t = 0$)に，固定されている小球 B を静かに解放すると，小球 A および B はともに落下するが，伸ばされたゴムひもの復元力により，小球 A と小球 B はやがて衝突する。

(7) $t = 0$ から小球 A と小球 B が衝突するまでの時間 T_4 を求めよ。

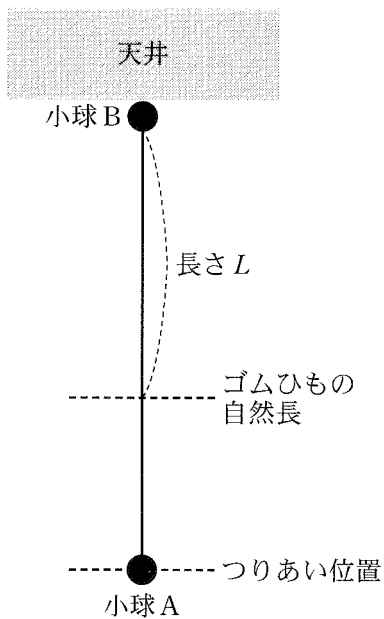


図 1

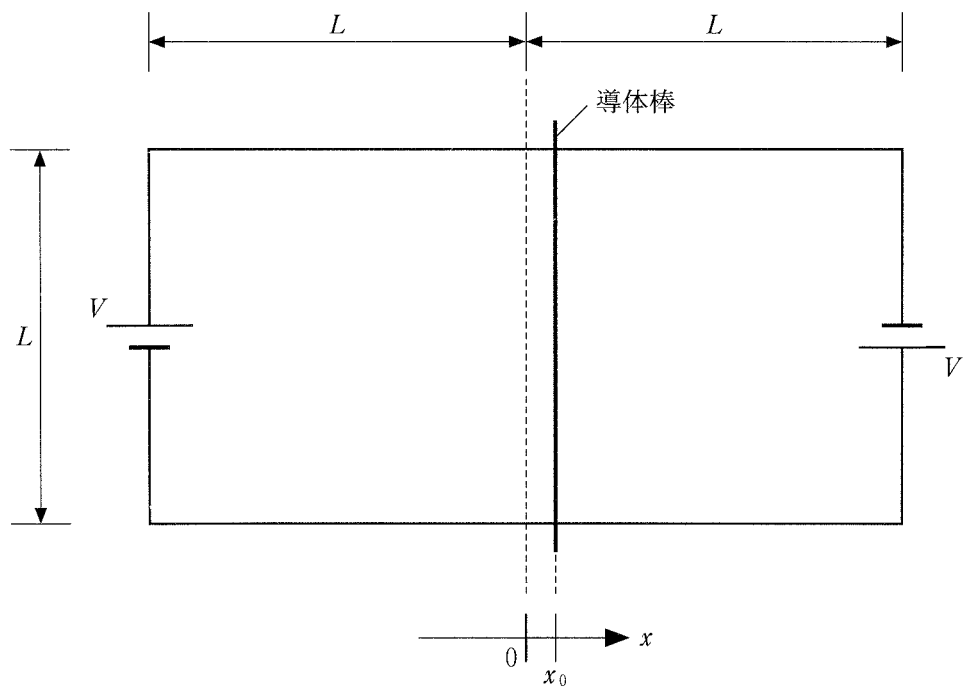
物理問題 2

図1のように、長方形の回路上に導体棒が置かれている。回路の長辺と短辺の導線の長さはそれぞれ $2L$ と L であり、短辺の導線には、大きさ V と内部抵抗 r とを無視できる起電力 V の直流電源が2個つながれている。導体棒は、接する導線とつねに垂直な姿勢を保ちながら左右に滑らかに移動できるものとする。また、導体棒の位置は、回路の中心線(図中の破線)からの変位 x (右向き正)で示され、最初は $x = x_0$ ($0 < x_0 \ll L$) に固定されている。導線および導体棒の抵抗率は ρ 、断面積は S である。

- (1) 導体棒の抵抗を、回路との接点の間の部分についてあらわせ。
- (2) 導体棒によって分割された回路の左側経路を流れる電流を I_1 (時計回りの方向を正)、右側経路を流れる電流を I_2 (時計回りの方向を正)、導体棒に流れる電流を I_3 (上から下の向きを正) とするとき、左側と右側の閉回路における、起電力と電圧降下との関係を式にあらわせ。
- (3) 導体棒に流れる電流 I_3 の向き(正または負)と大きさをそれぞれ示せ。導出過程も記述せよ。

次に、磁束密度の大きさが B の一様な磁場を回路の面に対して垂直に加えた。しばらくして導体棒の固定を外したところ、導体棒は左方向に動き出した。

- (4) 導体棒が動き出した瞬間の時刻を $t = 0$ とする。磁場の向き(手前向きまたは奥向き)を答えよ。また $t = 0$ のとき導体棒に生じていた力の大きさを求めよ。
- (5) 変位 $x(t)$ における導体棒の運動方程式を記述せよ。導体棒の質量を m とせよ。ただし、運動はゆるやかであり、磁束の時間変化による導体棒への誘導起電力の影響は無視できるものとする。
- (6) 導体棒の変位が十分に小さいとき、 $(x/L)^2$ の大きさを無視できることから、導体棒に生じる力の式を簡単にせよ。その結果から、導体棒がどのように運動するかを具体的に説明せよ。



物理問題 3

図1のように、水平な台の上に載せられた容器の底面に小さくて平らな光源Pを固定した。次に、Pの9.0 cm 鉛直上方に、焦点距離 6.0 cm の凸レンズ L_1 を水平に設置した。容器、P 及び L_1 は十分に薄く、その厚さは無視できる。また、容器およびその外側は屈折率 1 の空気で満たされている。以下の問いに答えよ。

- (1) Pの像は L_1 の何 cm 上方にできるか。また、像の大きさはPの大きさの何倍か。
- (2) 焦点距離 2.0 cm の凹レンズ L_2 を L_1 の 26 cm 上方に光軸を合わせて設置した。 L_1 と L_2 によってできる像は L_2 の何 cm 上方または下方に位置するか。像の大きさはPの大きさの何倍か。また、その像は実像か虚像か。 L_2 は十分に薄く、その厚さは無視できるものとする。

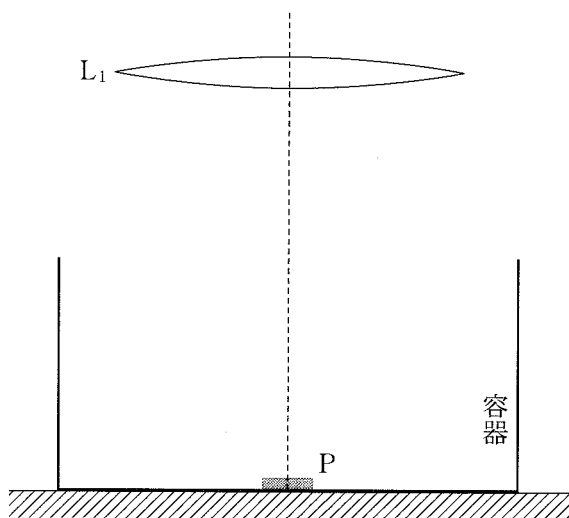


図1

L_2 を取り除き、容器の中へ屈折率 1.4 の透明な液体を注入したところ、Pの像は L_1 の 26 cm 上方に現れた。

- (3) 液体を注入すると、注入前と比べ、Pは何cm浮き上がったとみなすことができるか。また、像の大きさはPの大きさの何倍か(小数第二位を四捨五入せよ)。
- (4) 液面の高さは底面から何cmか。光が液体中から空气中へ進むときの入射角を i 、屈折角を r とすると、 i と r は十分に小さく、 $\tan i \cong \sin i$ 、 $\tan r \cong \sin r$ としてよい。

容器の中の液体を取り除いた。次に、凸レンズ L_1 の上方にスクリーンSを水平に設置したところ、S上の広い範囲が明るく照らされた。さらに、図2のように、 L_1 の15cm上方に、円形の穴を開けた光を通さない薄い板Qを L_1 の光軸が穴の中心を通るように水平に設置したところ、S上の明るい範囲は縮小し、直径30cmの丸い領域のみになった。

- (5) Pを容器の底面から6.0cm真上にずらしたところ、S上の明るい範囲は、直径6.0cmの丸い領域のみになった。穴の直径は何cmか。また、QS間の距離は何cmか。ここでは、Pを点光源とみなし、回折は考えなくてよい。

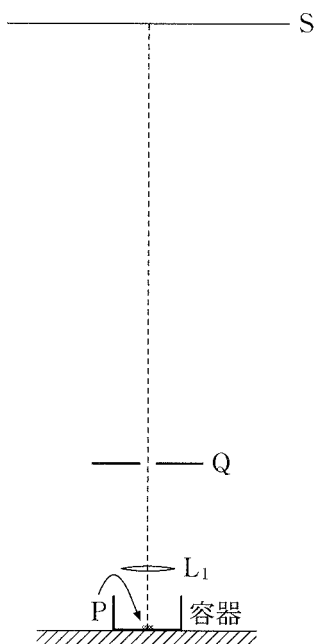


図2

物理問題 4

水素原子は、陽子 1 個と電子 1 個で構成される。陽子と電子はそれぞれの持つ電荷によって互いに静電的な引力を及ぼし合うが、陽子の質量は電子の質量に比べて非常に大きいため、陽子は静止しているとみなすことができる。静止した陽子(原子核)を中心として、1 個の電子が半径 r の円軌道上を、角速度 ω で等速円運動していると仮定して、以下の問いに答えよ。

ただし、陽子 1 個の持つ電荷を $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ とする。電子 1 個の質量を $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ とする。また、1 C の点電荷 2 つを 1 m 離して置いたとき、この点電荷間に働く力の大きさを $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N}$ とする。

- (1) 電子の速度の大きさ v および加速度の大きさ a を r , ω を用いた数式で示せ。
また電子の加速度の向きを示せ。
- (2) 陽子と電子の間に働く静電的な力の大きさ F を r , e , k を用いた数式で示せ。
- (3) 電子の運動量 p を r , e , m , k を用いた数式で示せ。
- (4) 電子の運動エネルギー K および位置エネルギー U を r , e , k を用いた数式で示せ。ただし、 $r = \infty$ (無限遠)で $U = 0$ とする。
- (5) 電子は粒子であるが波動性も示す。電子が波動(物質波)であるとするとき、その波長 λ は $\lambda = \frac{h}{p}$ で与えられる。ここで $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ はプランク定数である。1 個の電子が半径 r の円軌道上に波長 λ の波動として定常的に存在するとき、 r は離散的(とびとび)な値となる。 r を λ , 円周率 π , 自然数 n を用いた数式で示せ。

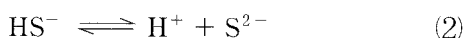
- (6) r の最小値 r_0 (ボーア半径) を, pm (ピコメートル, $1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$) の単位を用いて, 有効数字 2 桁で示せ。必要に応じて, $\frac{h^2}{e^2 mk} = 2.1 \times 10^{-9} \text{ m}$ を用いて計算せよ。
- (7) $r = r_0$ の円軌道上にある電子を $r = \infty$ まで移動するのに必要なエネルギー (イオン化エネルギー) E_0 を, eV の単位を用いて, 有効数字 2 桁で示せ。必要に応じて, $\frac{e^4 mk^2}{h^2} = 0.69 \text{ eV}$ を用いて計算せよ。
- (8) ヘリウム原子の原子核は, 陽子 2 個と中性子 2 個で構成される。この原子核を中心として, 1 個の電子が半径 r の円軌道上を, 角速度 ω で等速円運動しているとすると, その最小半径は r_0 の何倍になるか, その理由とともに答えよ。また, 最小半径の円軌道上にある 1 個の電子を $r = \infty$ まで移動するのに必要なエネルギーは E_0 の何倍になるか, その理由とともに答えよ。
- (9) 原子番号 Z の原子中の $n = 2$ の軌道上にある 1 個の電子が, 電子がない $n = 1$ の軌道に移動 (遷移) するとき, そのエネルギー差に応じたエネルギーを持つ 1 個の光子が放出される。この光子 (固有 X 線) の振動数は Z の何乗に比例するか, その理由とともに答えよ。

化 学

化学問題 1

次の文章を読み、問1～問7に答えよ。ただし、硫化銅(Ⅱ)と硫化亜鉛の溶解度積は、それぞれ $6.5 \times 10^{-30} (\text{mol/L})^2$ 、 $2.2 \times 10^{-18} (\text{mol/L})^2$ とし、また硫化水素の飽和濃度は 0.070 mol/L とする。必要な場合には次の数値を用いよ。原子量：Al = 27, S = 32, Cu = 64, Zn = 65, Cd = 112, アボガドロ定数： $N_A = 6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$ 。数値を答える際に、設問に指示が無い場合、有効数字を2桁とせよ。

硫化水素は水に溶けて、水溶液中では次の様に2段階に電離する。

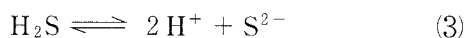


式(1)、式(2)の電離定数 K_1 、 K_2 は、それぞれ

$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} = 9.6 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$$

$$K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol/L}$$

と与えられる。これらより、次の式(3)の電離定数 K が求まる。

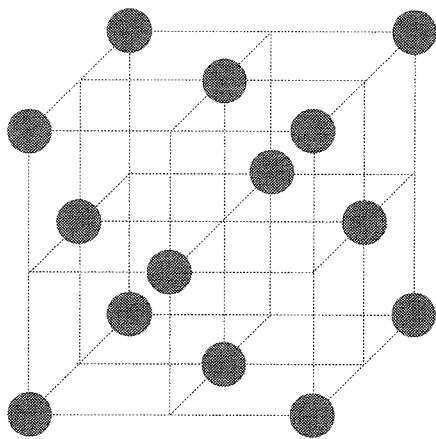


水溶液中に金属イオンが存在するとき、生成した硫化物イオンと反応して、難溶性の塩が沈殿として生じることがある。

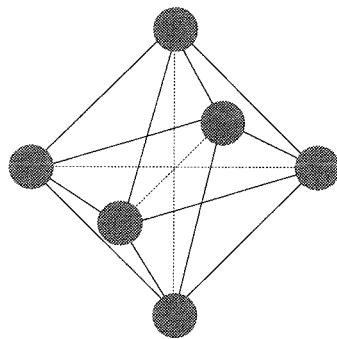
ここに、 1.0×10^{-4} mol/L の銅(II)イオンを含む水溶液 A と 1.0×10^{-4} mol/L の亜鉛イオンを含む水溶液 B があり、どちらも pH は酸性に調整されている。各水溶液に飽和するまで硫化水素を通じると、どちらか一方の水溶液で硫化物の沈殿が生じる。さらに、沈殿が生じなかった水溶液に硫化水素を通し続け、飽和状態を保ったまま pH を大きくする。すると、ある pH になると沈殿が生じる。このように水溶液の pH により、硫化物の沈殿の有無が生じるため、混合水溶液中の金属イオンの分別に応用することができる。

ここに、硝酸カドミウム、硝酸アルミニウム、および硝酸亜鉛の3つの化合物を溶かした水溶液がある。塩酸により水溶液を pH = 1.0 に調整した後、硫化水素ガスを充分通じると、沈殿が生じたので、ろ過により沈殿を取り除き、ろ液 C を分離した。ろ液 C から加熱により塩酸と硫化水素を完全に除いたあと、アンモニア水を加えると沈殿が生じ、さらに過剰量のアンモニア水を加えたところ、沈殿の一部は溶けた。溶けなかった沈殿をろ過により取り除き、ろ液 D を分離した。アンモニア水により塩基性としたろ液 D に、再び硫化水素ガスを通じると、沈殿が生じた。

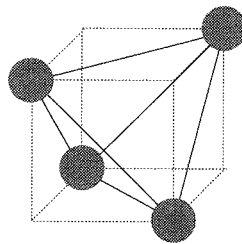
金属イオンと硫化物イオンの化合物は様々なイオン結晶を作る。例えば、硫化亜鉛の結晶は、^{せん}閃亜鉛鉱型の結晶構造を持つことがあり、硫化物イオンは図1で示された面心立方格子と同じ位置に配置する。この単位格子中には、図2で表される正八面体の頂点に位置する、6個の硫化物イオンによってできるすき間(すき間アとする)と、図3のように正四面体の頂点に位置する、4個の硫化物イオンによってできるすき間(すき間イとする)の2種のすき間がある。亜鉛イオンが、すき間イに1つおきに入ったものが、硫化亜鉛の閃亜鉛鉱型の結晶の構造である。一般に、陰イオンのイオン半径は陽イオンのイオン半径よりも大きく、イオンどうしが密につまる傾向がある。ある結晶構造をとるには、最小のイオン半径比 $\left(\frac{\text{陽イオンの半径}}{\text{陰イオンの半径}} \right)$ があり、陽イオンが小さくなりすぎると、陰イオンどうしが接し不安定となる。この時の限界に相当する半径比を『限界半径比』という。硫化亜鉛の場合、すき間アに亜鉛イオンが入ると、この限界半径比未満となり、不安定化する。実際には、亜鉛イオンは限界半径比の小さいすき間イに入り結晶となる。



*図 1



*図 2



*図 3

*図における球の大きさはイオンの実際の大きさを反映するものではない。

問 1. 下線部(a)について，電離定数 K はいくらか，単位とともに記せ。

問 2. 下線部(b)について，

- (1) 実験室で硫化水素を発生させる場合に，一般的に用いられる方法の一つを化学反応式で示せ。
- (2) 水溶液 A と水溶液 B の硫化物イオンの濃度 (mol/L) をそれぞれ求めよ。
ただし，硫化水素で飽和させた後の各水溶液の pH は 1.0 とする。

問 3. 下線部(c)について,

(1) $\text{pH} = x$ 以上のとき沈殿が生じ始める。 x は次の①~⑭いずれの範囲に含まれるか、一つ選べ。ただし、 pH の変化にともなう水溶液の体積の変化は無いものとする。

- ① $0 \leq x \leq 1$, ② $1 < x \leq 2$, ③ $2 < x \leq 3$, ④ $3 < x \leq 4$,
⑤ $4 < x \leq 5$, ⑥ $5 < x \leq 6$, ⑦ $6 < x \leq 7$, ⑧ $7 < x \leq 8$,
⑨ $8 < x \leq 9$, ⑩ $9 < x \leq 10$, ⑪ $10 < x \leq 11$, ⑫ $11 < x \leq 12$,
⑬ $12 < x \leq 13$, ⑭ $13 < x \leq 14$

(2) なぜ、沈殿が生じるのか、その理由を記せ。

問 4. 下線部(d)について、最も適切な沈殿の色を、次の①~⑩の中から一つ選べ。

- ① 白色, ② 淡桃色, ③ 赤色, ④ 赤紫色, ⑤ 青緑色,
⑥ 青白色, ⑦ 青紫色, ⑧ 紫色, ⑨ 黒色, ⑩ 黄色

問 5. 下線部(e)について、ろ液 D に含まれる錯イオンの名称を一つ記せ。

問 6. 下線部(f)について,

- (1) 硫化亜鉛の単位格子中に存在する亜鉛イオンの数はいくつか、整数で答えよ。
(2) 亜鉛イオンの中心間の最短距離は $3.8 \times 10^{-10} \text{ m}$ である。硫化亜鉛の単位格子の 1 辺の長さ (m) を求めよ。
(3) 硫化亜鉛の結晶の密度 (g/cm^3) を求めよ。

問 7. 下線部(g)について、すき間 A の限界半径比を求めよ。

化学問題 2

次の文章を読み、問1～問7に答えよ。ただし、ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ 、原子量：Ag = 108、 $\log_{10} 9.87 = 0.99$ とし、気体は理想気体とする。

図の装置を組み立て、外部電源から 1.00 A の電流を 20 分間流して電気分解を行ったところ、電解槽のア槽の陰極には Ag が 0.810 g 析出した。

問 1. 電気分解中、ア槽の陰極では $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Ag}$ の反応が起きている。次の(a)、(b)で起きている反応を半反応式でそれぞれ記せ。

(a) ア槽の陽極、(b) イ槽の陰極

問 2. ア槽の陽極に発生した気体は何 mol か。有効数字 3 桁で答えよ。

問 3. ア槽、イ槽、ウ槽に流れた電気量はそれぞれ何 C か。有効数字 3 桁で答えよ。

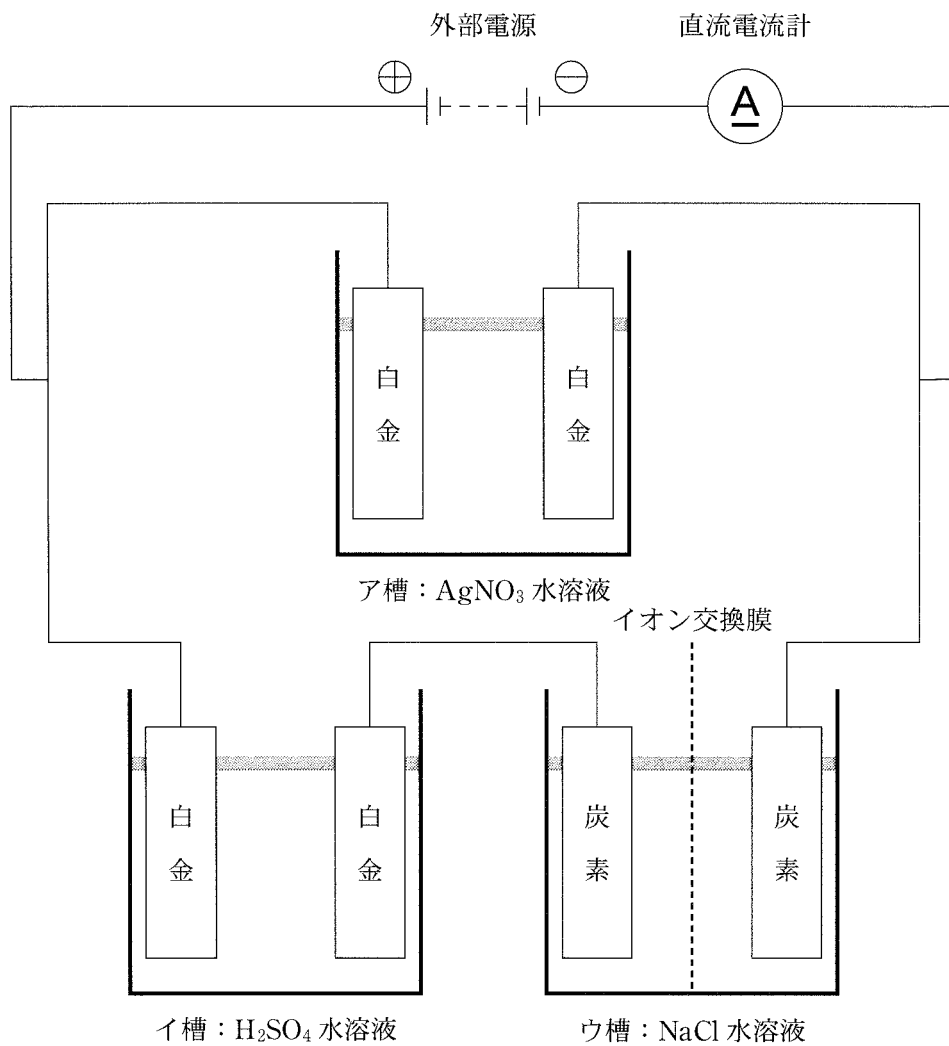
問 4. イ槽の陰極に発生した気体の体積は標準状態で何 mL か。有効数字 2 桁で答えよ。

問 5. ウ槽の陰極側の液の体積が 500 mL である時、電気分解後の陰極側の液の pH の値を求めよ。ただし、電気分解を行う前、ウ槽の NaCl 水溶液の pH は 7.0 とし、有効数字 2 桁で答えよ。

問 6. イ槽の水溶液に加えても陰極の反応に影響しない金属イオンを、次の選択肢①～⑥よりすべて選べ。

① Ag^+ 、② Al^{3+} 、③ Cu^{2+} 、④ K^+ 、⑤ Mg^{2+} 、⑥ Na^+

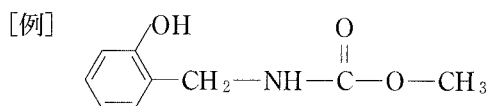
問 7. 水酸化ナトリウムの製造は、ウ槽の構造を利用して行われる。ウ槽のようにイオン交換膜を使用すると NaOH を取り出せるが、イオン交換膜を使用しないと NaOH を取り出すことが難しくなる理由を簡潔に説明せよ。



図

化学問題 3

次の実験1～実験8の文章を読み、問1～問8に答えよ。ただし、原子量は $H = 1.00$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$ とする。構造式は例にならって記せ。有効数字は3桁とする。



実験1 ベンゼンを濃硝酸と濃硫酸の混合物(混酸)と反応させると、主に芳香族化合物 **A** が生成した。
(a)

実験2 芳香族化合物 **A** にスズと濃塩酸を加えて還元した後、水酸化ナトリウム水溶液を加えると、芳香族化合物 **B** が生成した。
(b)

実験3 芳香族化合物 **B** を無水酢酸と反応させると、芳香族化合物 **C** (分子式 C_8H_9NO) の白色固体が得られた。

実験4 ベンゼンの2つの水素がメチル基で置換された芳香族化合物 **D** を、過マンガン酸カリウムの塩基性水溶液で酸化した後、希硫酸を加えると、芳香族化合物 **E** が生成した。芳香族化合物 **E** は、加熱により分子内脱水して、酸無水物 **F** が生成した。

実験5 芳香族化合物 **G** (分子式 $C_{20}H_{16}N_2O_2$) を加熱により加水分解すると、芳香族化合物 **B** と芳香族化合物 **E** が得られた。

実験6 芳香族化合物 **H** は、ベンゼンスルホン酸ナトリウムと水酸化ナトリウムを混ぜて加熱することで生成した。芳香族化合物 **H** に希硫酸を加えると、芳香族化合物 **I** が生成した。

実験7 芳香族化合物 **H** を高温・高圧下で二酸化炭素と反応させ、希硫酸を加えると、主としてオルト構造異性体の芳香族化合物 **J** (分子式 $C_7H_6O_3$) が生成した。

実験8 芳香族化合物 **J** を硫酸酸性下で、メタノールと反応させると、芳香族化合物 **K** が生成した。また、芳香族化合物 **J** を無水酢酸と反応させると、芳香族化合物 **L** が生成した。

問 1. C, G, K, L の構造式を記せ。

問 2. 下線部(a)で, 1 種類の酸ではなく混酸を用いる理由を簡潔に述べよ。

問 3. 下線部(b)をイオン反応式で記せ。

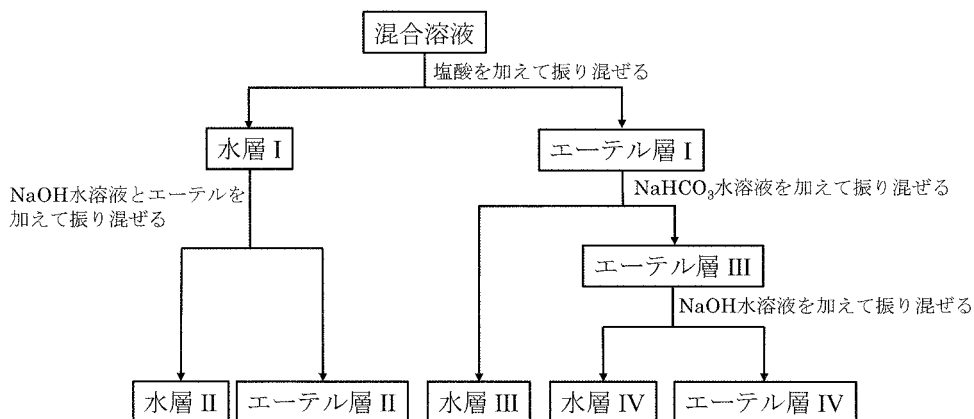
問 4. 実験 4 で, 10.6 g の D を使用したところ, 反応後に D と E の混合物が 13.0 g 得られた。何%の D が反応したか答えよ。

問 5. 実験 5 で, 10.0 g の G を完全に加水分解すると, 何 g の B が得られるか。

問 6. A~L のうち(ただし, B および H を除く), 塩化鉄(III)水溶液を加えると呈色するのはどれか。記号ですべて答えよ。

問 7. A~L のうち(ただし, G を除く), 水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると加水分解されるのはどれか。記号ですべて答えよ。

問 8. B, D, E, I, J をジエチルエーテルに溶解させた混合溶液を, 分液ロートを用いて下図に示す手順で分離操作を行った。水層 III に塩酸を加えることで得られる化合物はどれか。記号ですべて答えよ。



化学問題 4

次の文を読み、問1～問7に答えよ。ただし、原子量は $H = 1.00$ 、 $C = 12.0$ 、 $O = 16.0$ とする。

一般に、平均分子量が1万以上の物質を高分子化合物という。多くの高分子化合物は明確な融点をもたず、加熱していくと、ある温度でやわらかくなり変形する。^{a)} この温度を という。

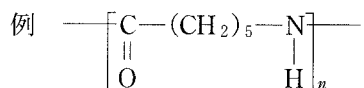
ビニロンは合成高分子化合物に分類され、次のようにつくられる。酢酸ビニルを^{b)} 付加重合させて重合体とし(第1段階)、これを水酸化ナトリウム水溶液で加水分解してポリビニルアルコールとする(第2段階)。 ポリビニルアルコールの親水コロイド溶液を細孔から飽和硫酸ナトリウム水溶液中に押し出すと、 が起こり、繊維状に凝固する。この繊維は水に溶けやすい。これを乾燥後にホルムアルデヒドを含む水溶液で処理すると、水に不溶な繊維であるビニロンができる。このように、ビニロンの 化は部分的に行われるため、適度な吸湿性をもつ。ビニロンは日本で開発された合成繊維であり、強度と耐薬品性があるため、衣料、ロープ、漁網や産業資材などに広く利用される。

セルロースは天然高分子化合物であり、 β -グルコースが縮合重合して直鎖状に^{c)} 連なった構造をもつ。 セルロースは植物の細胞壁の主成分であり、綿やパルプ、ろ紙の原料として用いられる。硫酸や塩化亜鉛などの存在下で、セルロースに無水酢酸^{d)} を作用させ、ヒドロキシ基を全てアセチル化すると、トリアセチルセルロースになる。

問 1. 下線部 a) の理由を二つあげ、合わせて 60 字以内で説明せよ。

問 2. ～ に最も適切な語句を記せ。

問 3. 下線部 b) について、酢酸ビニルを原料とする二段階の反応によるポリビニルアルコールの合成をそれぞれ化学反応式で表せ。ただし、重合度は n とし、高分子化合物は例にならって書け。



問 4. ビニロンの合成について、ポリビニルアルコール 24.0 g のヒドロキシ基のうち 40.0 % がホルムアルデヒドと反応した場合のビニロンの生成量は何 g か。ただし、答えは有効数字 3 桁で示せ。

問 5. 下線部 c) について、セルロースを構成する β -グルコースどうしを結びつけている結合の名称を記せ。

問 6. 示性式を用いて下線部 d) を化学反応式で表せ。ただし、重合度は n とし、セルロースの示性式を $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_3]_n$ とせよ。

問 7. 下線部 d) について、セルロース 100 g を完全にアセチル化した。この反応に最小限必要である無水酢酸は何 g か。ただし、答えは有効数字 3 桁で示せ。

生 物

生物問題 1

次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

動物は、周囲の環境からさまざまな情報を受け取り、その情報に応じて多様な反応を示す。一般に、動物が情報を受け取る器官は受容器、反応を示すための器官は(①)器と呼ばれる。これら受容器と(①)器を結びつけているものは神経系である。発達した中枢神経系を持つ脊椎動物において、高次の情報処理と運動制御に関わる器官が脳である。成人の脳は1000億個以上のニューロンから構成されている。1つのニューロンで発生した興奮が軸索を伝わって神経終末に達し、^Aシナプスを介して別のニューロンへ伝わる過程^Bで、情報が高度に処理されていく。イソギンチャクやクラゲなど刺胞動物では、中枢神経系と末梢神経系は見られないが、神経繊維が相互に連絡しあって網目状になった(②)神経系が発達している。単細胞生物のゾウリムシは神経系を持たないが、受容器と(①)器の機能を1つの細胞に備えており、環境の変化に対応した行動を示すことができる。

動物が刺激を受け取った時、その刺激に近づく方向への移動行動を正の走性、刺激から遠ざかる方向への移動行動を負の走性と呼ぶ。例えば、立てた試験管内でゾウリムシが上方水面近くに集まる行動^Cは負の重力走性、雄のカイコガが風上にいる雌に向かって進む行動^Dは正の化学走性、メダカが流れの上流に向かって泳ぐ行動^Eは正の水流走性と考えられている。

動物が生まれてから受けた刺激によって行動を変化させたり、別の行動を新たに獲得したりすることを学習と呼ぶ。アメフラシが水管への接触刺激の繰り返しでえら引っ込め反射を低下させる慣れ^Fや、パブロフの犬で知られる古典的条件づけ、ガンやカモのふ化直後のひなが示す(③)も学習の一種と考えられ、その神経メカニズムが解明されつつある。

問1 文章中の空欄(①)～(③)にもっとも適切な語を答えよ。

問 2 文章中の下線部 A に関して、次の小問(1)~(2)に答えよ。

- (1) 興奮が軸索を伝わるしくみを簡潔に説明せよ。
- (2) 軸索において、興奮が一方向にしか伝導しないのはなぜか、簡潔に説明せよ。

問 3 文章中の下線部 B に関して、活動電位が到達した神経終末で神経伝達物質が放出されるしくみについて、以下の用語を用いて簡潔に説明せよ。

用語：シナプス小胞、シナプス前膜、電位依存性カルシウムチャネル

問 4 文章中の下線部 C の反応は「水面上の空気に対する正の化学走性」とも考えられる。この仮説を否定するためには、どのような実験を行い、どのような結果が得られればよいか、簡潔に説明せよ。

問 5 文章中の下線部 D の反応は雌のカイコガから放出される化学物質に対する応答と考えられる。次の小問(1)~(2)に答えよ。

- (1) その化学物質の総称を答えよ。
- (2) 雄のカイコガが示す下線部 D の反応が、雌のカイコガの形態や色を見たことによって生じたものではないことを示すには、どのような実験を行い、どのような結果が得られればよいか、簡潔に説明せよ。

問 6 文章中の下線部 E の反応は「視野内の景色を一定に保とうとする行動(保留走性)」とも考えられる。この仮説を証明するためには、どのような実験を行い、どのような結果が得られればよいか、簡潔に説明せよ。

問 7 文章中の下線部 F に関して、次の小問(1)~(2)に答えよ。

- (1) 慣れを起こしたアメフラシの尾部に、さらに強い電気ショックを与えると、ふつうでは生じないような弱い水管接触刺激でも、えら引っ込め反射が生じるようになる。この現象の名称を答えよ。
- (2) (1)の現象は、尾部への刺激によって水管の刺激による、えら引っ込め反射が増強されたものと考えられることができる。このような増強のしくみについて、以下の用語を用いて 200 字程度で説明せよ。

用語：介在ニューロン、カリウムチャネル、興奮性シナプス後電位

生物問題 2

次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

生物が外界から物質を取り入れて分解したり、新たな物質を合成することを代謝と呼ぶ。この代謝の過程において、エネルギーの受け渡しには主にATPが用いられる。グルコースなどの有機物が酸素で酸化されてATPが合成される反応は(ア)と呼ばれ、解糖系、クエン酸回路、電子伝達系の3つの反応過程で進行する。

クエン酸回路はミトコンドリアの(イ)で進行する。解糖系で生じた(ウ)
A は、酸化とともにCO₂を奪われた後に、 B コエンザイムAと結合して(エ)になる。
この(エ)はオキサロ酢酸と結合してクエン酸になる。1分子のグルコースから出発したとき、クエン酸回路では6分子のCO₂、2分子のATP、(オ)分子のNADHとH⁺、2分子の(カ)が生ずる。

電子伝達系は、ミトコンドリアの内膜で進行する。解糖系やクエン酸回路で生じたNADHと(カ)は電子伝達系に電子を受け渡し、同時にH⁺を遊離する。電子は電子伝達系を構成するタンパク質に次々に受け渡され、この際に放出されるエネルギーを用いて、ミトコンドリアの内膜と外膜の間の空間(膜間腔)にH⁺が輸送される。この結果、内膜を挟んでH⁺の濃度勾配が形成される。この濃度勾配に従ってH⁺が(イ)側に流入しようとするエネルギーを利用して、ATP合成酵素はADPからATPを合成する。電子伝達系から受け渡された電子は、最終的にO₂の還元に使われてH₂Oとなる。

問1 文中の空欄(ア)～(カ)にあてはまる最も適切な用語または数字を入れよ。

問 2 下線部 A について、次の問いに答えよ。

クエン酸回路ではクエン酸(C₆)がいくつかの反応を経て、オキサロ酢酸(C₄)になる。複数酵素によるこの反応系は、発見当初は直線的であると考えられていたが、以下の実験などにより回路であることが明らかになった。下の実験の記述を読み、表の空欄(キ)~(コ)を埋めよ。ただし、(キ)~(コ)には同じ有機分子の名前が入りうる。また、そのように有機分子が蓄積したと考える理由(150字程度)を述べよ。

実験

クエン酸からオキサロ酢酸にいたる反応の途中において、コハク酸はコハク酸脱水素酵素によってフマル酸になる。クエン酸回路の各反応に必要な基質や酵素を全て含む反応液に、コハク酸脱水素酵素のはたらきを阻害するマロン酸を加えたものを反応液 A とする。もしクエン酸回路が直線的であるならば、反応液 A に過剰なクエン酸を加えれば有機分子(キ)が蓄積し、過剰なフマル酸を加えれば有機分子(ク)が蓄積すると想定される。しかし実際には回路であるため、反応液 A に過剰なクエン酸を加えれば有機分子(ケ)が蓄積し、過剰なフマル酸を加えれば有機分子(コ)が蓄積した。

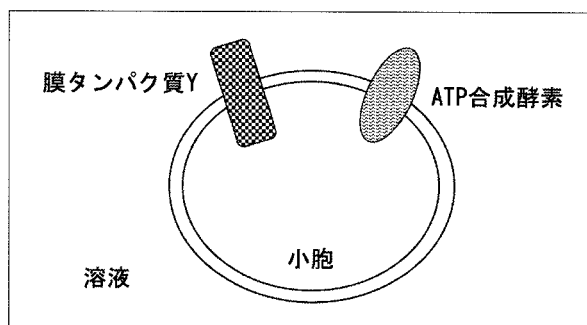
		過剰に加える有機分子	
		クエン酸	フマル酸
反応系	直 線	(キ)	(ク)
	回 路	(ケ)	(コ)

問 3 下線部Bについて、元々独立していた好気性細菌が別の細胞内に共生を始めた結果としてミトコンドリアができたと考える「細胞内共生説」が提唱されている。

- (1) 細胞内共生説を支持する最も重要な根拠を2つ、それぞれ簡潔に述べよ。
- (2) 元々は独立して生存していたと考えられるミトコンドリアであるが、ミトコンドリアを単離して培養しようとする試みは成功していない。ミトコンドリアが単独では生存できない理由として考えられることを60字程度で述べよ。

問 4 下線部Cについて、以下の問いに答えよ。

- (1) 化合物Xはミトコンドリア内膜に作用し、電子伝達系によるATP合成を著しく阻害する。しかし化合物Xは電子伝達に関わるいかなるタンパク質の活性も阻害せず、またATP合成酵素の活性も阻害しない。化合物XがATP合成を阻害するしくみを考え、40字程度で述べよ。
- (2) 膜タンパク質Yは、青色光があたると脂質二重層に対して特定の方向に H^+ を輸送する。溶液中の小胞の脂質二重層に膜タンパク質YとATP合成酵素を存在させると(図)、青色光をあてた時のみに、溶液中にATPの蓄積が観察された。この実験において、どのようなしくみによってATP合成が引き起こされたのかを60字程度で述べよ。ただし、反応に必要な基質は全て溶液および小胞中に存在すると仮定する。



図

生物問題 3

次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

私たちの体には、外部環境からのウイルスや細菌(病原体)などの異物の侵入を防いだり、侵入した異物を認識して速やかに排除する自然免疫と獲得免疫とよばれる防御機構が備わっている。皮膚や粘膜などの組織には、異物の侵入を防ぐための物理的および化学的^Aな防御機構が存在している。しかし、異物が体内に侵入した場合には、マクロファージ、(①)、(②)が異物の侵入した部位に集まり、食作用によって異物を排除する。このように、異物の侵入を防いだり食作用により異物を排除する免疫を自然免疫という。獲得免疫では、生体に異物が侵入すると主に(②)が食作用によって取り込んだ異物を断片化して細胞の表面に抗原として提示し、近くの(③)に移動する。この抗原情報を受け取った(④)は、活性化して増殖し、同じ抗原を認識したB細胞やキラーT細胞を活性化させることで異物を排除する。

これらの自然免疫と獲得免疫の担当細胞は、体内に侵入してきた異物(非自己)^Bと、もともと体の中にあるもの(自己)とを見分けるしくみをもっている。自然免疫の担当細胞は(⑤)というタンパク質を発現して異物を識別している。また、獲得免疫の担当細胞の表面にも異物を識別するタンパク質が発現している。

免疫応答は、生体の恒常性を維持するために不可欠な反応であるが、時には免疫が過敏な反応を示して、花粉症やじんましん、ぜんそくなどの病気を引き起こすこともある。また、免疫機能が低下して感染症にかかりやすくなる状態を免疫不全^Dという。

免疫のしくみを応用することで、感染症の予防と治療などが発展してきた。予防接種は、人工的に免疫を獲得させる方法で、その時に用いられるのがワクチン^Eである。一方、毒ヘビなどにかまれたときなどの治療に用いられる方法が血清療法^Fである。

問1 文中の空欄(①)～(⑤)に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部Aについて、皮膚の角質層がウイルスの侵入を防いでいるしくみを 70 字程度で答えよ。

問 3 下線部Bについて、次の問いに答えよ。

- 1) 私たちの体の細胞表面には、自己の細胞であることを示す目印として固有の膜タンパク質が存在している。このようなタンパク質の名称を答えよ。
- 2) 自然免疫の担当細胞に発現している(⑤)が認識する物質を3つ答えよ。

問 4 下線部Cについて、花粉症を引き起こす免疫応答のしくみを 150 字程度で説明せよ。

問 5 下線部Dについて、後天性免疫不全症候群(AIDS)の発症の原因となるヒト免疫不全ウイルス(HIV)が免疫系にどのように作用するか、50 字程度で説明せよ。

問 6 下線部Eについて、予防接種(ワクチン接種)は獲得免疫のどのような性質を利用して感染症の予防に用いられるか、100 字程度で説明せよ。

問 7 下線部Fについて、血清療法とはどのような治療方法であるか、70 字程度で説明せよ。

生物問題 4

次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

「メタボ(メタボリックシンドローム)」という言葉は様々な場面に広く行き渡っているが、最近「ロコモ」という言葉にもしばしば接するようになってきた。「ロコモ(ロコモティブシンドローム)」は、骨格筋や骨など運動にかかわる器官のはたらきが低下して、日常の生活動作がうまくできなくなる状態をあらわしている。ロコモがひどくなると寝たきりになってしまうので、高齢化社会では非常に重要な健康課題である。

骨格筋は、運動神経の終末から分泌される(①)により情報伝達を受けた場合にのみ収縮する。この性質は、心臓や消化管をつくる筋肉が、これらの器官に分布する(②)神経からの情報伝達を受けなくても収縮する性質(自動性)を持つとは大きく異なる。骨格筋の中に存在する受容器である(③)は、骨格筋に加わった伸展刺激の強さを感知して、感覚神経によって脊髄の反射中枢にその情報を伝える。その結果、骨格筋を制御する運動神経の興奮の度合いを変化させることにより、収縮力を適切な強さに調節する。この(③)―^A感覚神経―^B反射中枢―^C運動神経―骨格筋で形成される経路は(④)と呼ばれる。運動神経の一つのニューロンは複数の筋繊維を収縮させ、さらに器官としての骨格筋は、複数の運動ニューロンによって制御されているため、必要に応じて収縮力を調節することができる。

運動ニューロンは、骨格筋の収縮力を制御するだけではなく、骨格筋繊維の性質(タイプ)をも決定する。骨格筋の繊維は、その筋繊維に分布する運動ニューロンのタイプに応じて、大きく2種類に分けられる。^DタイプS運動ニューロンが分布する筋繊維は、収縮力は弱いが疲れにくい性質を持つタイプI筋繊維になり、持久力が必要な有酸素運動や姿勢の維持に使われる。一方、タイプF運動ニューロンが分布する筋繊維は、収縮力が強いが疲れやすい性質を持つタイプII筋繊維になり、瞬発力や大きな力を必要とする無酸素運動において重要である。年齢をとるにつれて骨格筋の量や筋力が減少し、また運動ニューロンでは、タイプSに比べてタイプFの減少の度合いが大きいことが知られている。^Eそのため高齢者では特に素早い動きが難しくなり、転倒事故などを起こしやすくなる。

問 1 空欄(①)～(④)にあてはまる適切な用語を入れよ。

問 2 下線部Aについて、以下の問いに答えよ。

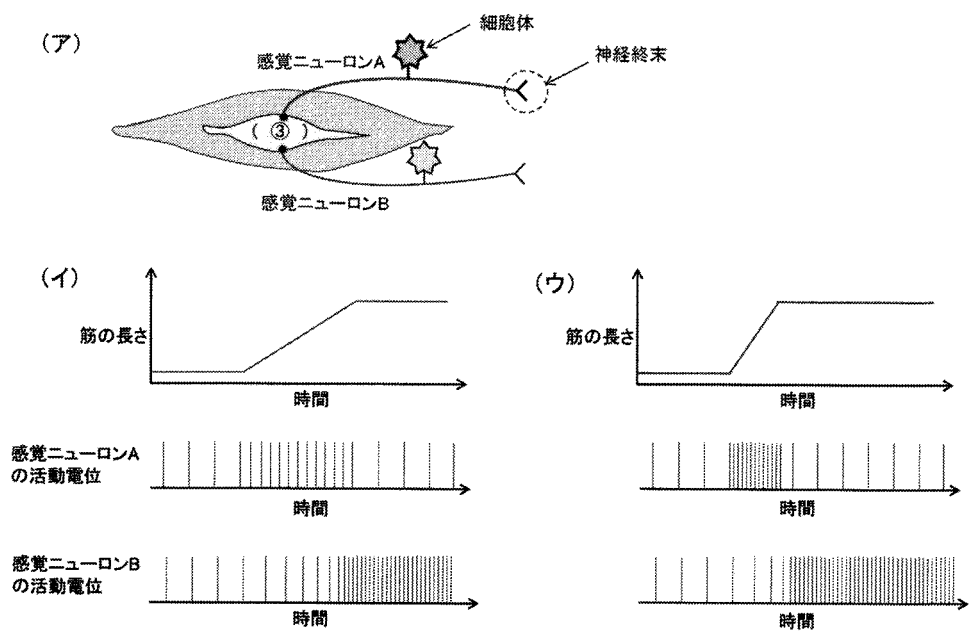


図 1

図1 (ア)は、筋肉内の(③)から脊髄につながる感覚ニューロンAとBを示した模式図である。図1(イ)および(ウ)は、筋の長さを異なる速さで変化させた(伸展刺激)時の、感覚ニューロンAとBにおける活動電位の発火頻度の時間経過を示している。なおグラフ中の上向き信号の1つ1つは、それぞれ活動電位を示している。

(1) 感覚ニューロン A および B の伸展刺激に対する応答には、それぞれの
ような性質があるか説明せよ。

(2) 上記設問(1)のように、単一の感覚ニューロンでは、刺激の程度の違いは活
動電位の発火頻度の変化として中枢に伝えられる。生体内での感覚神経は、
図 2 の模式図のように、少しずつ性質の異なる複数の感覚ニューロンからな
るグループとして構成される。このような感覚ニューロンのグループでは、
刺激の程度の違いは、どのように中枢に伝わると考えられるか、理由とともに
答えよ。

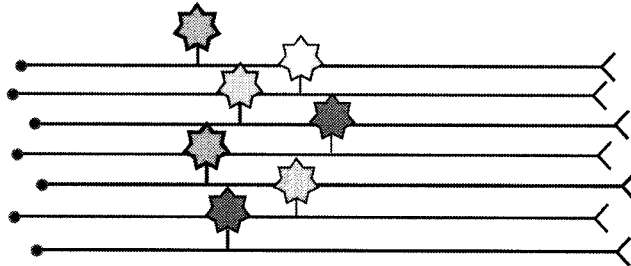


図 2

問 3 下線部Bについて，以下の問いに答えよ。

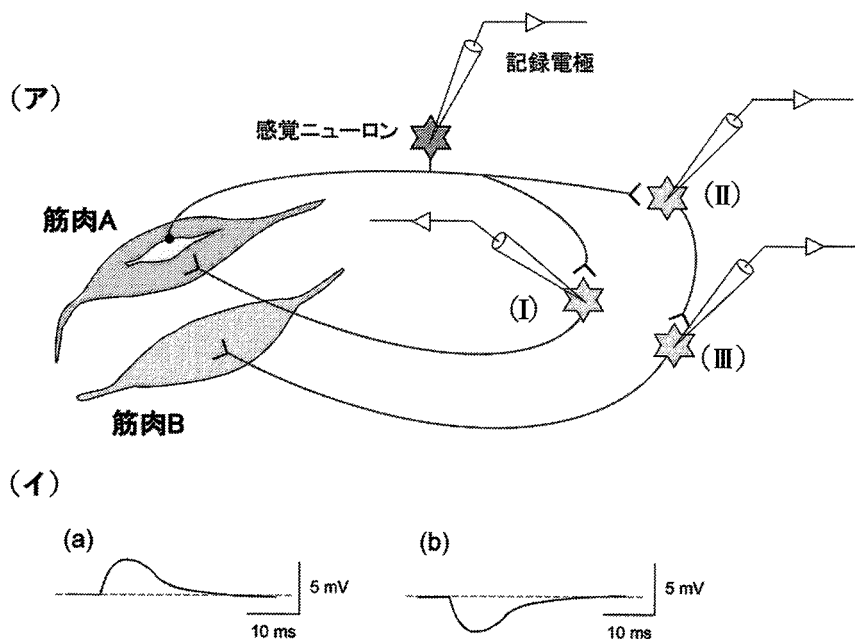


図 3

(ア)は，「しつがい腱反射」として知られる経路の模式図を示している。いま，大腿の伸筋である筋肉 A に伸展刺激を加えると，筋肉 A が収縮して下腿（ひざから下の部分）がはね上がった。一方，大腿の屈筋である筋肉 B の収縮は抑制された。この時，筋肉 A から脊髄に向かう感覚ニューロンでは，活動電位が発生して伝達物質が放出された。この伝達物質の放出に引き続き，ニューロン(I)～(III)では，図 3 (イ)に示された(a)，(b)いずれの電位変化が生じたと考えられるか，理由とともに答えよ。

問 4 下線部Cについて、以下の問いに答えよ。

器官としての骨格筋は、(1)「収縮力の大きさを変える」、また(2)「長時間、一定の収縮力を持続する」こともできる。(1)および(2)の収縮力調節は、それぞれ運動ニューロンのどのような活動によると考えられるか説明せよ。ただし、それぞれの骨格筋繊維の収縮は、以下の条件を満たす。

- (i) 完全強縮である。
- (ii) 「疲労」を生じるため、収縮力を長時間持続できない。

問 5 下線部Dについて、以下の問いに答えよ。

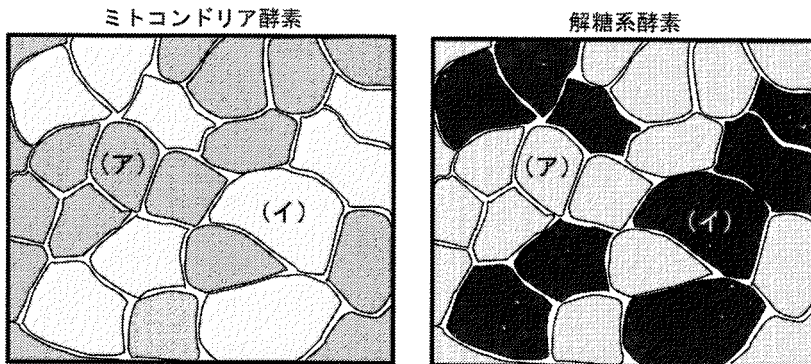


図 4

図 4 は、ある筋肉の連続した横断面切片を、ミトコンドリアの酸化的リン酸化を進める酵素および解糖系の反応を進める酵素で染色した結果を示している。いずれも濃く染まる筋繊維は、その酵素を多く含むことを示している。また 2 種類の染色において、各筋繊維の位置関係は対応している。

- (1) 図 4 の筋繊維(ア)、(イ)は、それぞれタイプ I、II のいずれの筋繊維と考えられるか、理由とともに答えよ。

(2) 筋肉には、ヘモグロビンと同じように酸素と結合する性質を持つミオグロビンと呼ばれるタンパク質が存在しており、筋肉の収縮に必要なエネルギーを作るための酸素を貯蔵している。図5はヘモグロビンおよびミオグロビンの酸素解離曲線を示しているが、ミオグロビンは(a)、(b)のいずれと考えられるか、理由とともに答えよ。

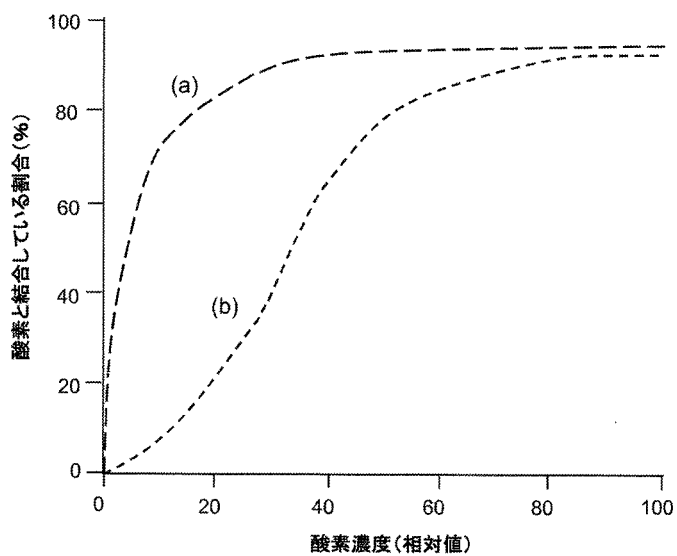


図5

問 6 下線部Eについて、以下の問いに答えよ。

図 6 は、ある筋肉におけるタイプ I および II 筋繊維の横断面積と年齢の関係を示している。タイプ II 筋繊維は(a)、(b)のいずれと考えられるか、理由とともに答えよ。

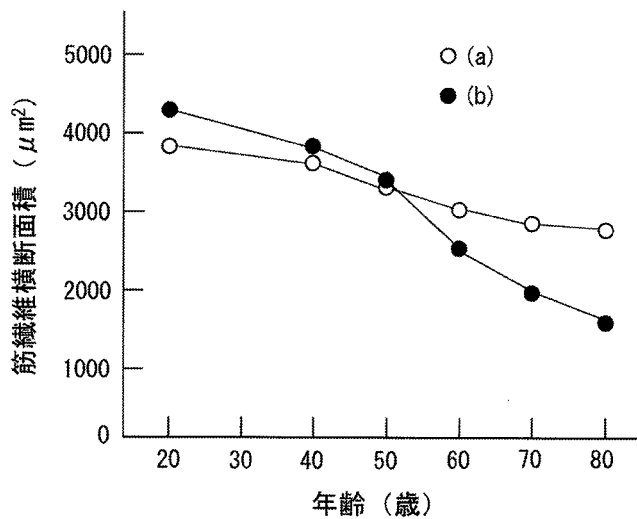


図 6

問題訂正

科目名 : 理科 (前)

<訂正1> 物理問題 2 5ページ 本文 上から1行目

(誤) 図1のように, …

(正) 図のように, …

<訂正2> 物理問題 2 5ページ 下から6行目

(誤) … 質量を m とせよ。

(正) … 質量を m , 加速度を a とせよ。

<訂正3> 物理問題 4 9ページ 本文 上から7行目

(誤) … また, 1 C の点電荷2つを 1 m 離して置いたとき, この点電荷間に働く力の大きさを $k=9.0\times 10^9\text{ N}$ とする。

(正) … また, クロウンの法則の比例定数を $k=9.0\times 10^9\text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$ とする。