

理 科

【物理】 【化学】 【生物】

(60 分 100 点)

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 解答にはHBまたはBの黒鉛筆（シャープペンシルはHBまたはBの芯であれば使用可）を使用しなさい。
- ③ マークシートの解答用紙には、氏名、受験番号、科目を記入する欄と受験番号、解答科目をマークする欄があります。
- ④ 解答方法は、マーク式（解答番号を選択する方式）です。マークシートの解答用紙にマークしなさい。

例えば、10 と表示のある問いに対して③と解答する場合は、次の（例）のように解答番号 10 の解答欄の③にマークしなさい。

（例）

解答番号	解 答 欄									
10	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

- ⑤ 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を高くあげて監督者に知らせなさい。

物 理

受験者は **1** から **4** 全てを解答しなさい。

1 図1のように点 O を中心とした半径 r の半円筒部をくりぬかれた質量 M の台 A があり、はじめ水平面に固定されている。この台 A の円筒面内を運動する質量 m の小球 B の運動を考える。円筒面と小球 B との摩擦は無視し、重力加速度の大きさを g とする。

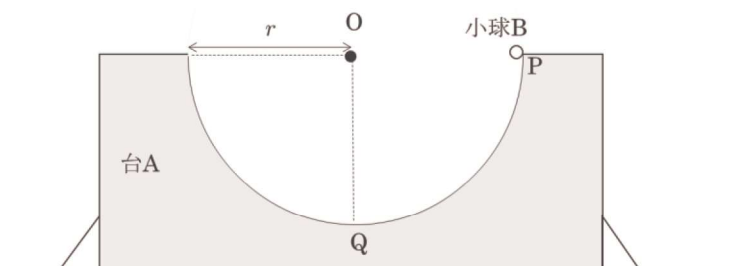


図 1

台 A を固定した状態で小球 B を円筒面のふちの P 点から静かに手をはなすと小球 B は円筒面に沿って運動し、最下点である Q 点を速さ V で通過した。

問 1 V として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 **1**

- ① $\sqrt{\frac{gr}{2}}$ ② $\frac{1}{2}\sqrt{gr}$ ③ $\sqrt{gr}$ ④ $\sqrt{2gr}$ ⑤ $2\sqrt{gr}$ ⑥ $4\sqrt{gr}$

問 2 Q 点を通過した瞬間における円筒面が小球に与える垂直抗力の大きさとして正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 **2**

- ① $m\left(g - \frac{V^2}{r^2}\right)$ ② $m\left(g - \frac{V^2}{r}\right)$ ③ mg ④ $m\left(g + \frac{V^2}{r}\right)$ ⑤ $m\left(g + \frac{V^2}{r^2}\right)$ ⑥ $2mg$

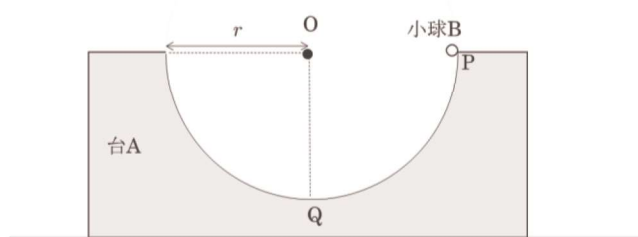


図 2

次に固定を外し、台 A を床面上を自由に動けるようにする(図 2)。床と台 A の間の摩擦が無視できるとき、P 点から小球 B を静かにはなしたときの運動について、以下の問いに答えよ。

問 3 このときの運動を説明した以下の文のうち、誤っているものを次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 [3]

- ① 小球 B からの垂直抗力により台 A は水平方向に動きだし、十分な時間ののち、右向きの等速直線運動をする。
- ② 小球 B の床からみた速さの最大値は問 1 における V よりも小さい。
- ③ 小球 B は Q 点を通過後、反対側の円筒面をのぼり、P 点と同じ高さまで到達する。
- ④ 摩擦がないので台 A と小球 B の力学的エネルギーの総和は保存する。
- ⑤ 水平方向の外力がないので台 A と小球 B の水平方向の運動量の和は保存する。

問 4 小球 B が Q 点を通過したときの小球 B の床に対する速さとして正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 [4]

- ① $\sqrt{\frac{2m}{m+M}gr}$ ② $\sqrt{\frac{2Mgr}{m+M}}$ ③ $\sqrt{\frac{2(M+m)gr}{m}}$ ④ $\sqrt{\frac{2(M+m)gr}{M}}$ ⑤ $\sqrt{2gr}$ ⑥ $4\sqrt{gr}$

問 5 P 点から小球 B を鉛直下向きに速さ v_0 でうちだしたとき、小球 B が到達する最高点の P 点からの高さとして正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 [5]

- ① 0 ② $\frac{1}{2} \frac{M}{m+M} \frac{v_0^2}{g}$ ③ $\frac{1}{2} \frac{M+m}{m} \frac{v_0^2}{g}$ ④ $\frac{1}{2} \frac{M+m}{M} \frac{v_0^2}{g}$ ⑤ $\frac{1}{2} \frac{v_0^2}{g}$ ⑥ $\frac{v_0^2}{g}$

2

抵抗値が未知の抵抗 X を測るために図 1 のようにこの抵抗に電圧計と電流計を取りつけ、起電力が 1.5V のマンガン乾電池を用いて、電圧計と電流計の値を記録した。図 2 は電流計の値と電圧計の値、図 3 は使用した乾電池の個数と電圧計の値の関係である。

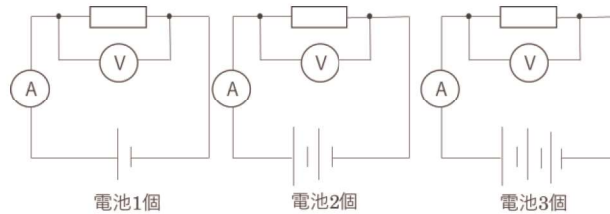


図 1

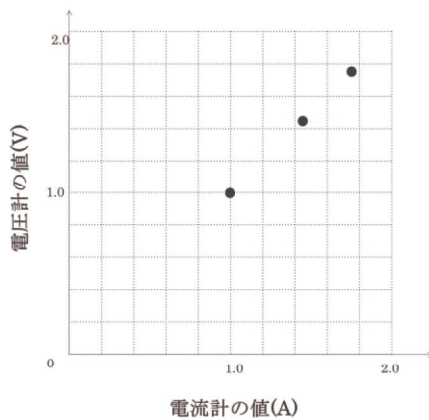


図 2

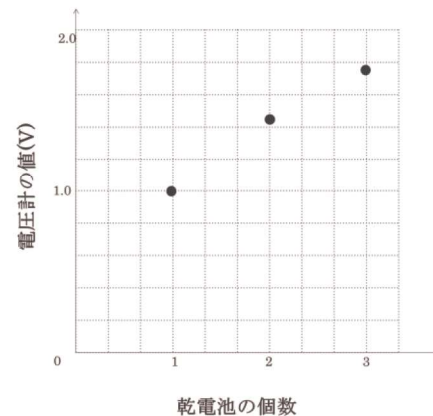


図 3

問 1 図 2 より、この電気抵抗 X の抵抗値として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 [6]

- ① $0.50\ \Omega$ ② $1.0\ \Omega$ ③ $5.0\ \Omega$ ④ $10\ \Omega$ ⑤ $50\ \Omega$ ⑥ $1.0 \times 10^2\ \Omega$

問 2 図 3 から使用した乾電池の起電力の大きさと電圧計で測定した値には大きな差があることがわかる。この理由として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 [7]

- ① 電池の起電力に電池に固有の減衰係数を掛け算したものが電圧であるため。
- ② 乾電池の正極と負極は頻繁に入れ替わるため、直列に接続すると合計電圧が変化するため。
- ③ 図 1 で作成した回路では電圧計が抵抗に対して並列に接続されているが、正しくは抵抗に対して直列に接続する必要があるため。
- ④ 図 1 で作成した回路ではスイッチが用意されておらず、適切な接続ができないため。
- ⑤ 図 1 で作成した回路ではアース(接地点)が用意されておらず、適切な回路になっていないため。
- ⑥ 乾電池には内部抵抗が存在しており、電流が流れると内部抵抗の電圧降下が電池の端子間電圧に影響してくるため。

問3 今回使用した乾電池の1個あたりの内部抵抗値として最も近いものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。[8]

- ① $0.50\ \Omega$ ② $1.0\ \Omega$ ③ $6.6\ \Omega$ ④ $10\ \Omega$ ⑤ $66\ \Omega$ ⑥ $1.0 \times 10^2\ \Omega$

図4はすべり抵抗器という可変抵抗器を用いることで、未知の抵抗Yの抵抗値を求める装置である。このすべり抵抗器は太さと材質が一樣であり、AB間の長さが40.0cm、この間の抵抗が $20\ \Omega$ である。AB間に、自由に動くことができる接点Cを取りつけ、接点Cの場所を変化させることによりAC間の抵抗値を変化させることができる。

問4 AC間の長さが15.0cmのときのAC間の抵抗値として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。[9]

- ① $0.50\ \Omega$ ② $1.0\ \Omega$ ③ $6.6\ \Omega$ ④ $7.5\ \Omega$ ⑤ $13\ \Omega$ ⑥ $25\ \Omega$

問5 AC間の長さが10.0cmのとき、検流計に流れる電流が0Aになった。抵抗Yの抵抗値として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、検流計の抵抗値は0とする。[10]

- ① $0.50\ \Omega$ ② $1.0\ \Omega$ ③ $2.5\ \Omega$ ④ $7.5\ \Omega$ ⑤ $13\ \Omega$ ⑥ $25\ \Omega$

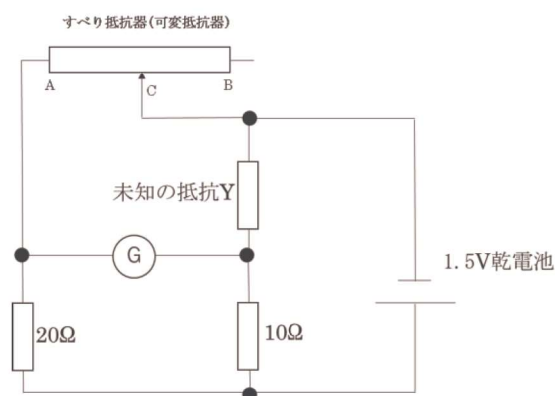


図4

3



図 1



図 2

図 1 のように長さが 50.0cm で両端を固定された弦と、図 2 のようにピストンを動かすことで気柱の長さを変化することができる閉管がある。気温が 14℃ の日に気柱の前で弦をはじくと弦に基本振動が発生した。このとき、ピストンと管口の距離を 20cm から 80cm まで、ゆっくりと動かしていくと、管口からの距離が 31.7cm, 52.9cm, 74.1cm のときに気柱内で共鳴が生じた。同時に 800Hz の音を鳴らすと 10 秒間で 20 回の割合でうなりが聞こえた。ただし、気温 $t[^\circ\text{C}]$ と音速 $V[\text{m/s}]$ の関係は $V=331.5+0.6\times t$ である。

問 1 閉管内で生じている定常波の波長として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

11cm

- ① 10.6 ② 21.2 ③ 31.8 ④ 42.4 ⑤ 53.0 ⑥ 63.6

問 2 この閉管の開口端補正として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 12cm

- ① 0.1 ② 0.2 ③ 0.3 ④ 0.4 ⑤ 0.5 ⑥ 0.6

問 3 弦から生じている音の振動数として適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 13Hz

- ① 199 ② 201 ③ 399 ④ 401 ⑤ 798 ⑥ 802

問4 ピストンの位置を管口から 52.9cm の状態で、弦の張力を一定に保ちながら弦の長さを徐々に短くしていったところ、ある長さのときに気柱内での共鳴が再び生じた。このときの弦の長さとして正しいものを、次の①～⑥うちから一つ選びなさい。14cm

- ① 11.1 ② 14.3 ③ 25.0 ④ 30.0 ⑤ 35.7 ⑥ 37.8

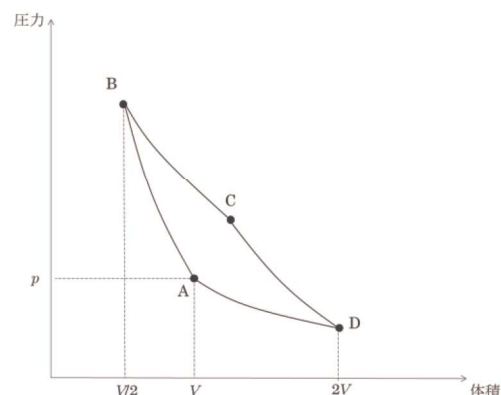
問5 ピストンを外し、両端が開口端となったときに管内における定常波について正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。15

- ① 気柱の基本振動が生じているときは管内には疎密の変化が大きい節は1箇所だけである。
- ② 開口端では空気の分子の振動の幅が他の箇所比べて小さい。
- ③ 両端が開口端の場合は管口がちょうど「腹」となる定常波が生じる。
- ④ 開口端では反射が起こらないため、定常波は生じない。
- ⑤ 両端が開口端になると、音速が速くなるため波長は長くなる。
- ⑥ 開口端では、振動数が高くなるので波長が短くなる。

4 次の文章（Ⅰ・Ⅱ）を読み、以下の各問いに答えなさい。

Ⅰ

気体は等温変化をするとき、外部から受けた仕事と同じ量のエネルギーを熱として外部に排出し、外部にした仕事と同じ量のエネルギーを熱として外部から吸収する。等温変化のときの体積変化あたりの仕事の大きさは温度が高い方が大きくなり、熱の出入りも大きくなる。このため、熱サイクルにおいて温度が低いときに熱を放出すれば、1 サイクルで外にする仕事が正となり「熱機関」となり、逆に温度が高いときに熱を放出すれば、熱の移動が低温側から高温側になるため「冷却器」となる。図はある一定量の単原子分子理想気体の圧力と体積を表した曲線であり、AB, CD 間を断熱変化、BC, AD 間を等温変化とする。



問 1 状態 D における圧力として適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。16

- ① $\frac{1}{4}p$ ② $\frac{1}{3}p$ ③ $\frac{1}{2}p$ ④ $\frac{2}{3}p$ ⑤ $\frac{3}{4}p$ ⑥ $\frac{4}{5}p$

問 2 BC 間における内部エネルギーの変化として適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。17

- ① $\frac{1}{2}pV$ ② pV ③ $\frac{3}{2}pV$ ④ $2pV$ ⑤ $\frac{5}{2}pV$ ⑥ 0

問 3 「熱機関」として使われるのはどのような順番で状態変化をさせたものか。適切なものを次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。18

- ① $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ ② $A \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$ ③ $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$
 ④ $D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ ⑤ $C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C$ ⑥ $B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow B$

<余白>

II

放射線の人体への影響は単純な量だけではなく、種類の違いやエネルギーによって変化する。そのため、さまざまな尺度での測定が行われている。

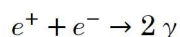
問 1 放射線の人体への影響を考慮した物理量として「実効線量」という量がある。実効線量の単位と実効線量の説明の組み合わせとして適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。19

	単位	説明
①	Sv	吸収線量に放射線の種類やエネルギーの違いを考慮した係数をかけた量
②	Sv	等価線量に放射線に曝された組織・器官の影響を考慮した係数をかけ、合計した量
③	Gy	吸収線量に放射線の種類やエネルギーの違いを考慮した係数をかけた量
④	Gy	等価線量に放射線に曝された組織・器官の影響を考慮した係数をかけ、合計した量
⑤	Bq	吸収線量に放射線の種類やエネルギーの違いを考慮した係数をかけた量
⑥	Bq	等価線量に放射線に曝された組織・器官の影響を考慮した係数をかけ、合計した量

問2 α 崩壊と β 崩壊の違いを表した文として、最も適切なものを次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。20

- ① β 崩壊は α 崩壊に続いて順番におこるために β 崩壊という。
- ② β 崩壊の方が α 崩壊よりも高いエネルギーが放出される。
- ③ α 崩壊で放出される物質も β 崩壊で放出する物質も同じ質量である。
- ④ α 崩壊の方が頻度が高く、 β 崩壊はあまり起きない。
- ⑤ β 崩壊で放出される放射線は α 崩壊で放出される放射線より透過力が高い。
- ⑥ α 崩壊が2回同時に起こる現象が β 崩壊である。

問3 放射性崩壊などで飛び出してくる放射線のエネルギーはもともとの原子核内に含まれていた質量がエネルギーに変化したものである。原子核内の様々な反応により、陽電子(記号 e^+)が生まれることがある。この粒子は質量が電子と同じで正の素電荷をもっており、近くの電子と次のような反応を起こし、511keVの γ 線(記号 γ)を放出する。



511keVの γ 線のエネルギーに相当する質量(電子1個の質量)は何kgか。適切なものを次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、真空中での光の速さを $c=3.0 \times 10^8 \text{m/s}$ 、素電荷の大きさ(電気素量)を $e=1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ とする。21kg

- ① 3.6×10^{-36} ② 9.1×10^{-31} ③ 1.7×10^{-27}
- ④ 1.1×10^{-22} ⑤ 8.0×10^{-19} ⑥ 3.0×10^{-15}

(余 白)

化 学

必要があれば、次の値を使うこと。

原子量 H 1.0 C 12 N 14 O 16 Al 27 S 32 Cu 64

気体定数 $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$

ファラデー定数 $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

気体は、実在気体とことわりがない限り、理想気体として扱うものとする。

1 各問いに答えよ。

問1 次の記述の下線部が、単体の意味で用いられている場合は①を、元素の意味で用いられている場合は②を選べ。

- a 酸素とオゾンとは、互いに同素体である。 1
- b 水を電気分解すると水素と酸素が生じる。 2
- c 空気中には、窒素が 78%、酸素が 21%、アルゴンが 1%含まれている。 3
- d 二酸化炭素は炭素と酸素からなる化合物である。 4

問2 次の操作に用いられる方法として、最も適当なものを解答群から一つずつ選べ。

- a 植物の葉からクロロフィル(葉緑素)を取り出す。 5
- b インクに含まれる色素を分離する。 6
- c 白濁した石灰水から透明な石灰水をつくる。 7
- d 少量の塩化ナトリウムを含む硝酸カリウムから、硝酸カリウムだけを取り出す。 8

- ① ろ過 ② 再結晶 ③ 蒸留 ④ 分留
- ⑤ 抽出 ⑥ クロマトグラフィー

問3 塩素には 2 種類の同位体 ^{35}Cl と ^{37}Cl が存在する。その存在比を 3 : 1 とするとき、ジクロロメタン CH_2Cl_2 の取りうる存在比を質量の小さなものから順に表したとき、最も適当なものを解答群から一つ選べ。ただし、C と H の同位体は考えなくてよい。

9

- ① 4 : 2 : 1 ② 8 : 4 : 1 ③ 9 : 3 : 1
- ④ 9 : 6 : 1 ⑤ 3 : 2 : 1 ⑥ 6 : 3 : 1

問4 27℃において、2.0Lの容器Aと1.0Lの容器Bがコックで接続されている。容器Aに $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の二酸化炭素、容器Bに $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の窒素を充填した。その後、コックを開き、両気体を混合した。混合気体の密度は何 g/L か。ただし、接続部の体積は無視できるものとする。 g/L

- ① 1.0 ② 1.9 ③ 2.2 ④ 2.7 ⑤ 3.8

問5 不純物を含むアルミニウム粉末がある。この粉末 4.0g に希塩酸を加えてアルミニウムをすべて溶かしたところ、0.18molの水素が発生した。この粉末のアルミニウムの純度は、質量パーセントで何%か。ただし、不純物は希塩酸と反応しないものとする。
 %

- ① 63 ② 72 ③ 77 ④ 81 ⑤ 86 ⑥ 90

問6 次の記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a ヘリウムは最も軽い単原子分子なので理想気体である。
- b 高圧・低温にすると理想気体は凝縮する。
- c 理想気体は分子自身の体積と分子間力を無視した架空の気体である。
- d 実在の気体は、高温・低圧にすると理想気体として扱うことができる。
- e 理想気体では、分子の質量を無視している。

2 各問いに答えよ。

問1 「塩析」について説明している文を一つ選べ。 17

- ① 限外顕微鏡で観察すると、コロイド粒子は不規則な運動をしている。
- ② 硫黄のコロイド溶液に、少量の電解質を加えると、沈殿が生じる。
- ③ 豆乳やゼラチン溶液に、多量の電解質を加えると、沈殿が生じる。
- ④ デンプン水溶液に強い光をあてると、光の通路が輝いて見える。
- ⑤ 水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド溶液に直流電圧をかけると、コロイド粒子が陰極側に移動する。

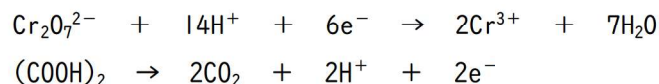
問2 二酸化炭素 CO_2 、水 H_2O (液)、プロパン C_3H_8 の生成熱はそれぞれ 394kJ/mol 、 286kJ/mol 、 107kJ/mol である。 C_3H_8 の燃焼熱は何 kJ/mol か。最も適当な数値を解答群から一つ選べ。ただし、生成する水は液体とする。 18 kJ/mol

- ① -573 ② -787 ③ -2219
- ④ 573 ⑤ 787 ⑥ 2219

問3 0.20mol/L の希硫酸 10mL に、標準状態で 56mL のアンモニアを吸収させた。この混合水溶液を中和するのに、 0.10mol/L の水酸化ナトリウム水溶液は何 mL 必要か。最も適当な数値を解答群から一つ選べ。 19 mL

- ① 5 ② 10 ③ 15 ④ 25 ⑤ 30

問4 0.15mol/L シュウ酸 $(\text{COOH})_2$ 水溶液 20mL に希硫酸を十分に加えたのち、濃度不明の二クロム酸カリウム $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 水溶液を少しずつ滴下していくと、 25mL 加えたところで反応が過不足なく終了した。この二クロム酸カリウム水溶液の濃度は何 mol/L か。最も適当な数値を解答群の中から一つ選べ。 20 mol/L



- ① 0.012 ② 0.040 ③ 0.072
- ④ 0.12 ⑤ 0.40 ⑥ 0.72

問5 白金電極を用いて、硫酸銅(Ⅱ) CuSO_4 水溶液を 32 分 10 秒間電気分解すると、陽極から標準状態で 336mL の気体が発生した。このとき陰極に析出する物質は何 g か。

g

- ① 0.640 ② 0.960 ③ 1.28 ④ 1.92 ⑤ 2.56 ⑥ 3.84

問6 四酸化二窒素 N_2O_4 をある温度、圧力に保つと、 $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ の反応がおこり、平衡状態に達した。平衡状態に関する次の記述のうち、正しいものの組み合わせを解答群から一つ選べ。

- a 正反応も逆反応もおこらず、反応が停止している。
- b 正反応と逆反応の速さは等しい。
- c N_2O_4 と NO_2 の圧力(分圧)の比は 1 : 2 である。
- d N_2O_4 の濃度は一定となっている。
- e N_2O_4 と NO_2 の濃度の比は 1 : 2 である。

- ① a c ② a d ③ a e ④ b c
⑤ b d ⑥ b e ⑦ c e ⑧ d e

3 各問いに答えよ。

問1 硝酸に関する記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a 硝酸塩は水に溶けやすい。 23
- b 二酸化窒素は、銅に濃硝酸を作用させると発生する。 24
- c 鉄、アルミニウム、ニッケルは、希硝酸と反応するが濃硝酸とは反応が進まない。
25
- d 一酸化窒素は赤褐色であるが、空気に触れるとすぐに酸化されて無色の二酸化窒素と赤褐色の四酸化二窒素になる。 26
- e 濃硝酸には酸化作用があるが、希硝酸には酸化作用はない。 27

問2 アルミニウムに関する記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a アルミニウムの粉末は、空気中で強熱すると、光と熱を放出して燃える。 28
- b アルミニウムは、塩酸に溶けて、3 価の陽イオンになる。 29
- c ミョウバン $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ の水溶液は、塩基性を示す。 30
- d アルミニウムの酸化物は、両性酸化物である。 31
- e 水酸化アルミニウムはアンモニア水によく溶ける。 32

問3 遷移元素に関する記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a 遷移元素の単体は、硬くて、密度が大きく、融点の高いものが多い。 33
- b 遷移元素のイオンや化合物には、無色のものが多い。 34
- c 遷移元素はすべて金属元素である。 35
- d 遷移元素の最外殻電子数は、1 または 2 である。 36
- e 遷移元素は、同一元素でも酸化数の異なる化合物をつくるものが多い。 37

問4 錯イオンに関する記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a 錯イオンには、配位数が 2 のものがある。 38
- b 錯イオンには、中心の金属イオンが典型元素のイオンのものがある。 39
- c テトラアンミン銅(II)イオンでは、アンモニア分子が配位子である。 40
- d 硫酸銅(II)を水に溶かすと、水分子が配位結合したテトラアクア銅(II)イオンが生成する。 41
- e ヘキサシアニド鉄(II)酸イオンは、正八面体構造をとる。 42

4 各問いに答えよ。

問1 分子式 C_4H_8O で表される化合物に関する記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a シス・トランス異性体をもつ化合物が存在する。 43
- b 立体異性体を考慮して考えると、アルコールは3種類以上ある。 44
- c 立体異性体を考慮して考えると、エーテルは4種類以上ある。 45
- d アルデヒドは2種類ある。 46
- e ケトン は1種類である。 47

問2 洗剤に関する記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a セッケンや合成洗剤の水溶液は、すべてアルカリ性を示す。 48
- b 水溶液中の界面活性剤の分子は、親油性部分を内側にして集まる性質をもつ。 49
- c すべての界面活性剤は、水溶液中でイオンに電離している。 50
- d セッケンを構成する元素は、炭素、水素、酸素だけである。 51
- e セッケン水中で光の進路が見えるのは、セッケン分子が集合してコロイド粒子となり、光を散乱させるためである。 52

問3 芳香族化合物に関する記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a トルエンに過マンガン酸カリウム のアルカリ性水溶液を作用させると、安息香酸の塩が得られる。 53
- b ベンゼンに無水酢酸を作用させると、酢酸フェニルが得られる。 54
- c ベンゼンに濃硫酸を作用させると、ベンゼンスルホン酸が得られる。 55
- d ベンゼンに鉄粉の存在下で塩素を作用させると、ヘキサクロロシクロヘキサンが主に生じる。 56
- e ベンゼンスルホン酸ナトリウムの結晶に、水酸化ナトリウムの固体を加えて加熱(アルカリ融解)すると、ナトリウムフェノキシドが生じる。 57

問4 糖の構造や性質、アミノ酸、タンパク質に関する記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a セロビオースは、セルロースを酵素で分解して得られる、5～6 個のグルコースが結合したオリゴ糖(少糖)である。 58
- b もち米のデンプンは、約 70%のアミロースを含んでいる。 59
- c ヨウ素デンプン反応は、加熱により呈色が消失し、冷却により再び呈色する。
60
- d ジスルフィド結合は、システイン 2 分子の還元によって生じる。 61
- e グリシン、アラニン、フェニルアラニンの混合物から生じるトリペプチドの組合せは 10 種類である。なお、結合の順序、環状構造は考えないものとする。
62

問5 次の記述に該当する高分子化合物として、最も適当なものを解答群から一つずつ選べ。

- a 樹脂中の COO^- の反発により網目構造が広がって水が入り込む。 63
- b 土壌中の微生物によって分解される高分子で、低級ヒドロキシカルボン酸のポリエステルなどが利用されている。 64
- c 光(紫外線)が当たると硬化する樹脂で、プリント配線や歯科治療材に利用される。
65
- d 白川博士の発明によるポリアセチレンの誘導体である。 66
- e 多孔質の高分子で、樹脂がもつイオンと水溶液中の同符号のイオンとが入れ換わる。
67

- ① 吸水性高分子(高吸水性樹脂) ② イオン交換樹脂 ③ 生分解性高分子
- ④ 感光性高分子 ⑤ 導電性高分子

(余 白)

(余 白)

生 物

1 真核生物における代謝とエネルギーに関する以下の各問い（問1～7）に答えよ。

A. 解糖系では、グルコースは、(a)いくつかの段階を経て、 C_3 化合物(グリセルアルデヒドリン酸)になる。

(b)グリセルアルデヒドリン酸は、脱水素酵素のはたらきにより NAD^+ と反応し、(c)いくつかの段階を経て、最終的にピルビン酸となる。

問1 解糖系では、グルコース1分子が分解され、グリセルアルデヒドリン酸が何分子生じるか。また、グリセルアルデヒドリン酸1分子からピルビン酸が何分子生じるか、それぞれ答えよ。

グリセルアルデヒドリン酸：分子 ピルビン酸：分子

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6

問2 Aの文中の下線部(a)、(c)の過程でのATPの分解と合成について、最も適当なものを次から一つ選べ。

下線部(a)について：

- ① グルコース1分子当たり、4分子のATPが合成される。
② グルコース1分子当たり、2分子のATPが合成される。
③ グルコース1分子当たり、1分子のATPが合成される。
④ グルコース1分子当たり、4分子のATPが分解される。
⑤ グルコース1分子当たり、2分子のATPが分解される。
⑥ グルコース1分子当たり、1分子のATPが分解される。

下線部(c)について：

- ① グリセルアルデヒドリン酸1分子当たり、4分子のATPが合成される。
② グリセルアルデヒドリン酸1分子当たり、2分子のATPが合成される。
③ グリセルアルデヒドリン酸1分子当たり、1分子のATPが合成される。
④ グリセルアルデヒドリン酸1分子当たり、4分子のATPが分解される。
⑤ グリセルアルデヒドリン酸1分子当たり、2分子のATPが分解される。
⑥ グリセルアルデヒドリン酸1分子当たり、1分子のATPが分解される。

問3 下線部(b)の反応において、 NAD^+ 、グリセルアルデヒドリン酸は、それぞれ酸化されるか、還元されるか。正しい組み合わせを次から一つ選べ。

- ① NAD^+ 、グリセルアルデヒドリン酸ともに酸化される。
② NAD^+ 、グリセルアルデヒドリン酸ともに還元される。
③ NAD^+ は酸化され、グリセルアルデヒドリン酸は還元される。
④ NAD^+ は還元され、グリセルアルデヒドリン酸は酸化される。
⑤ NAD^+ は酸化還元反応に関与しないが、グリセルアルデヒドリン酸は酸化される。
⑥ NAD^+ は還元されるが、グリセルアルデヒドリン酸は酸化還元反応に関与しない。

問 4 真核生物の呼吸の過程は、解糖系・クエン酸回路・電子伝達系の 3 段階に分けられるが、それぞれの反応は、細胞内のどの部分で行われているか。最も適当なものを次から一つずつ選べ。

解糖系： 6

クエン酸回路： 7

電子伝達系： 8

- | | | |
|------------------|--------------|--------------|
| ① 細胞質基質 | ② 核 | ③ ゴルジ体 |
| ④ ミトコンドリアのマトリックス | ⑤ ミトコンドリアの外膜 | ⑥ ミトコンドリアの内膜 |
| ⑦ チラコイド | ⑧ ストロマ | ⑨ 細胞膜 |

B. 代謝には数多くの酵素が関与している。カタラーゼを含むニワトリの肝臓片を使って、次の実験を行った。試験管を 9 本用意し、A から I とした。それぞれに過酸化水素水を 2ml ずつ加えた。

A、B、E、F、I の試験管には水を、C と G の試験管には塩酸を、D と H の試験管には水酸化ナトリウム水溶液を、それぞれ 2ml ずつ加えた。B、C、D には少量の酸化マンガン(IV)を加え、E には煮沸した酸化マンガン(IV)を加えた。F、G、H には肝臓片を入れ、I には煮沸した肝臓片を加えた。その後、発生した気体を観察した。

問 5 発生した気体は何か。最も適当なものを次から一つ選べ。 9

- | | | | |
|---------|---------|-------|------|
| ① 二酸化炭素 | ② 塩素 | ③ 水素 | ④ 酸素 |
| ⑤ 窒素 | ⑥ 一酸化炭素 | ⑦ メタン | |

問 6 気体の発生のしかたについて、最も適当なものを次から一つ選べ。 10

- ① A、B、C、D、E は、すべて気体が発生した。
- ② F、G、H、I は、すべて気体が発生した。
- ③ E と I は、気体が発生しなかった。
- ④ G と H は、F よりも気体の発生量が少なかった。
- ⑤ B、C、D、E の中で、一番多く気体が発生したのは、B だった。

問 7 酵素と無機触媒の一般的な説明について、**誤っているもの**を次から一つ選べ。 11

- ① 酵素、無機触媒ともに化学反応の前後でそれら自体は変化しない。
- ② 酵素が失活するのは、酵素の立体構造が変化するためである。
- ③ 酵素には、基質特異性がある。
- ④ 酵素には最適 pH があり、トリプシンでは pH8 付近である。
- ⑤ 無機触媒と基質の反応は、一般に反応温度が高いほど反応速度は大きくなる。
- ⑥ 酵素、無機触媒とも、反応に必要な熱エネルギーを低下させるはたらきがある。

2 世界のバイオームに関する以下の各問い（問1～5）に答えよ。

問1 バイオームについての記述のうち、誤っているものを、次から一つ選べ。 **12**

- ① バイオームとは、植生を構成する植物とそこに生息する動物や微生物を含むすべての生物の集まりのことである。
- ② バイオームは年平均気温が同じような地域の間でも、年降水量の違いによって異なっている。
- ③ 陸上のバイオームの基盤は動物の生息である。
- ④ 陸上のバイオームは、森林、草原および荒原に大別される。
- ⑤ あるバイオームから隣り合うバイオームへは緩やかに変化しており、その境界は明瞭ではない。

問2 バイオームの特徴に関する記述のうち、適当なものを次から二つ選べ。 **13** ・ **14**

- ① ステップは亜熱帯の乾燥地域で、乾燥に強いイネのなかまが優占し、背丈の低い樹木が点在する。
- ② ツンドラの永久凍土層は微生物による分解が進みにくいため、栄養塩類が豊富に存在する。
- ③ 砂漠では、厳しい乾燥に適応した多肉植物のみが点在している。
- ④ 硬葉樹林は小形で厚く硬い葉をもち、夏の乾燥に耐える常緑広葉樹が優占する。
- ⑤ 雨緑樹林は雨期に葉を茂らせ、乾季に葉を落とす落葉広葉樹が優占する。
- ⑥ 針葉樹林では葉の面積が非常に広い、常緑針葉樹が優占する。

問3 日本でも各地域の気候に応じてさまざまなバイオームがみられる。日本のバイオームに関するあとの問いに答えなさい。

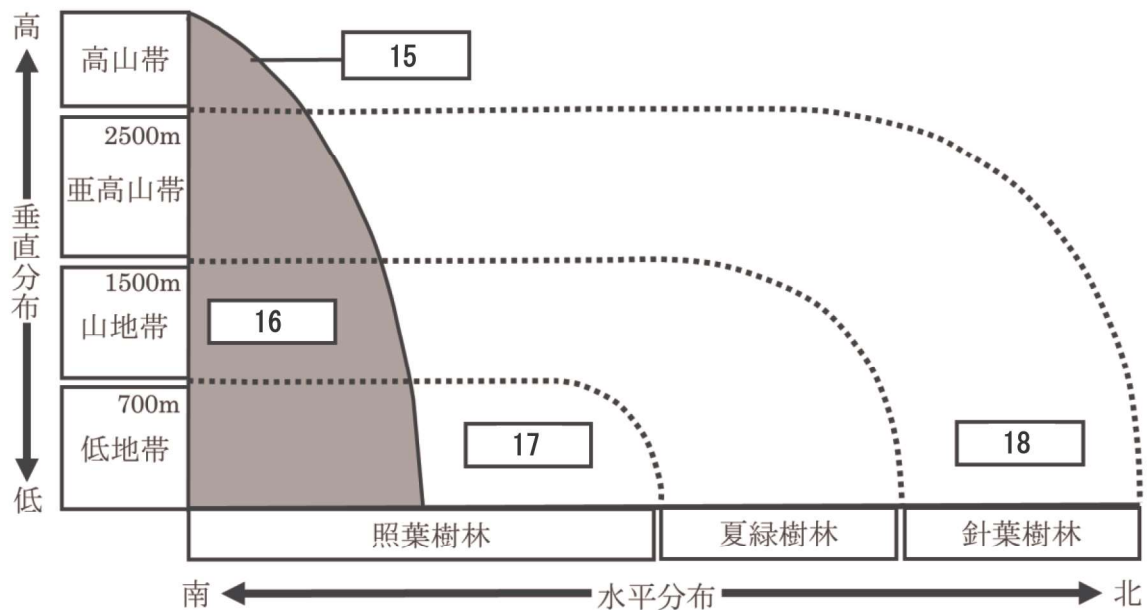


図1

図1は本州中部のバイオームの垂直分布と日本のバイオームの水平分布の関係を示したものである。

(1) 図1の **15** ～ **18** に最も適当と考えられる植物を、次からそれぞれ一つずつ選べ。

- ① コメツガ ② コマクサ ③ コクタン ④ スダジイ
- ⑤ ブナ ⑥ ガジュマル ⑦ サボテン ⑧ オリーブ

(2) 日本には図1の4種を含む、主に5種類のバイオームが存在する。全世界の陸上にある、亜熱帯多雨林、針葉樹林のバイオームの年間平均気温の幅として、最も適当と考えられるものを図2の中から一つずつ選べ。なお、図2の温度計の は年平均気温の幅を示している。

亜熱帯多雨林： 19

針葉樹林： 20

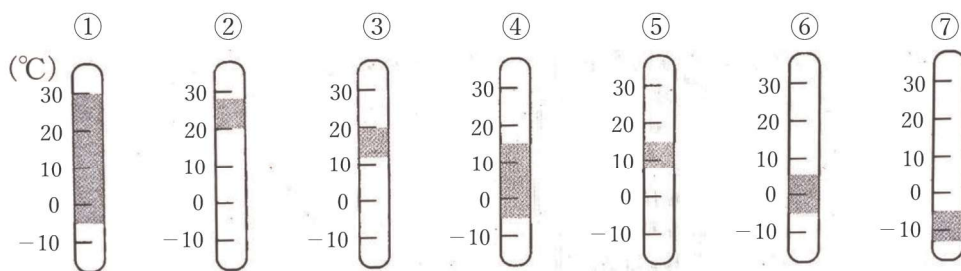


図2 年間平均気温(°C)

問4 一般に植物の生育には、月平均気温で5℃以上が必要とされる。1年間のうち、月平均気温が5℃以上の各月について、月平均気温から5℃を引いた値の合計値を暖かさの指数という。いま、ある地域の月別の平均気温を調べたら表1のようであった。この地域の暖かさの指数を求め、最も適切な数値を次から一つ選べ。 21

表1 月別の月平均気温(°C)

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1.6	3.4	8.1	12.2	16.9	18.4	24.3	26.7	22.6	14.8	9.1	4.8

- ① 93.1 ② 102.9 ③ 108.1 ④ 153.1 ⑤ 162.9

問5 暖かさの指数と日本のバイオームとの間には、表2のような対応関係があることが知られている。

問4で暖かさの指数を求めた地域がどのバイオームに属すると推定されるか、表2の①～④から当てはまるものを一つ選べ。 22

表2 日本のバイオームの暖かさの指数

①	亜熱帯多雨林	240～180
②	照葉樹林	180～85
③	夏緑樹林	85～45
④	針葉樹林	45～15

3 植物の発生・生殖に関する以下の各問い（問1～4）に答えよ。

エンドウは種子植物の一種である。研究ではしばしば、遺伝子の機能を調べる方法の一つに突然変異体をつくることがある。いま変異源として X 線を用い、これをエンドウの花粉に適正な強度で照射すると、遺伝子突然変異を起こした。X 線を照射した花粉を人為的に受粉させたところ、種子が得られた。この種子はすべて発芽して、成長した。次に、成長した植物を自家受粉させ、次の世代の植物を得たところ、しわの種子をつくる植物体を得られた。

これら一連の操作を何度も繰り返すことで、しわの種子をつくる植物体を数多く得た。これらのうち、変異している遺伝子が 1 植物体当たり 1 個のみとなる純系の変異体(しわ 1 からしわ 6)を選んだ。これらの純系の変異体同士を様々に交配させて得た次世代の種子の形は、表 1 の結果になった。なお、変異することによって、しわの種子の原因となる遺伝子は複数存在し、冗長的に種子のかたちを制御していることが知られている。

表 1 次世代の種子の形

	しわ 1	しわ 2	しわ 3	しわ 4	しわ 5	しわ 6
しわ 1		丸	丸	丸	丸	丸
しわ 2			丸	しわ	しわ	丸
しわ 3				丸	丸	しわ
しわ 4					しわ	丸
しわ 5						丸
しわ 6						

問 1 葯の中で成熟花粉ができる過程では、複数種類の細胞を経る必要がある。下記の細胞の染色体数を、次から一つずつ選べ。同じ選択肢を複数選んでもよい。ただし体細胞の染色体数を $2n$ とする。

花粉母細胞： **23** 花粉四分子： **24** 雄原細胞： **25**

- ① n ② $2n$

問 2 野生型と変異体を交配させて得た F_1 植物、または F_2 植物で、丸い種子としわの種子をつける植物体の数の比がどのような結果になれば、変異株が種子の形に関わる遺伝子一つに変異を持つ純系であることが示されるか。最も適しているものを次から一つ選べ。 **26**

- ① F_1 植物で、丸い種子としわの種子をつける植物体の数の比が $1 : 1$ になる。
 ② F_1 植物で、丸い種子としわの種子をつける植物体の数の比が $2 : 1$ になる。
 ③ F_1 植物で、丸い種子としわの種子をつける植物体の数の比が $3 : 1$ になる。
 ④ F_2 植物で、丸い種子としわの種子をつける植物体の数の比が $1 : 1$ になる。
 ⑤ F_2 植物で、丸い種子としわの種子をつける植物体の数の比が $2 : 1$ になる。
 ⑥ F_2 植物で、丸い種子としわの種子をつける植物体の数の比が $3 : 1$ になる。

問 3 しわ 3 と同じ遺伝子に変異を持つものはどれか、次の中から一つ選べ。 **27**

- ① しわ 1 ② しわ 2 ③ しわ 4 ④ しわ 5 ⑤ しわ 6

問 4 ナス科やバラ科の植物における自家不適合性には S 遺伝子の関与が知られている。S 遺伝子には塩基配列に違いがあることによる多くの遺伝子型(S1、S2、S3...)があり、花粉がもつ遺伝子型とめしべがもつ遺伝子型の組み合わせにより、受粉後花粉管が伸長して受精するか、伸長しないかが決まる。あとの問いに答えよ。

- (1) 遺伝子型が S1S2 の個体の花のめしべに同じ個体の“花粉”(遺伝子型の種類は S1、S2 の 2 種である)を受粉させると種子形成が認められなかったが、この“花粉”を S2S2 の遺伝子型をもつ別の個体の花のめしべに受粉させると種子形成が認められた。これはめしべのもつ S 遺伝子の少なくとも片方と同じ遺伝子型の S 遺伝子をもつ場合に花粉管の伸長が妨げられるためである。ただし、ここに示した実験結果のみからは他の可能性も考えられる。それはどのような可能性か、次から一つ選べ。 28

- ① 花粉管が伸びるか否かは花粉の S 遺伝子の遺伝子型により決まり、めしべの遺伝子型は影響しない。
- ② めしべがもつ S 遺伝子の少なくとも片方と異なる型の S 遺伝子をもつ花粉においてのみ花粉管の伸長が妨げられる。
- ③ めしべがもつ S 遺伝子の少なくとも片方と同じ遺伝子型の S 遺伝子をもつ花粉の花粉管のみが伸長する。
- ④ めしべがもつ S 遺伝子のいずれとも異なる遺伝子型の S 遺伝子をもつ花粉においてのみ花粉管の伸長が妨げられる。
- ⑤ S 遺伝子の遺伝子型にかかわらず花粉管が伸びる確率は常に 50%である。

- (2) S 遺伝子が存在すると考えられる染色体の領域の構造が明らかになるにつれ、この領域には複数種類の異なる遺伝子が存在し、その中の少なくとも 2 種類の遺伝子、すなわちめしべで発現する遺伝子(ここでは仮に“A”とよぶ)と花粉で発現する遺伝子(ここでは仮に“B”とよぶ)が自家不適合性に関与することが知られるようになった。A 遺伝子と B 遺伝子にはそれぞれ S 遺伝子の遺伝子型に対応する複数の遺伝子型が存在する。すなわち S1 には A1 と B1 が、S2 には A2 と B2 が含まれることになる。また、A 遺伝子はどの遺伝子型のもので花粉管の伸長を阻害するために必要な酵素をコードしており、B 遺伝子は A 遺伝子の働きを制御する酵素をコードしていると考えられている。ここで、「めしべのもつ S 遺伝子の少なくとも片方と同じ型の S 遺伝子をもつ花粉において花粉管の伸長が妨げられる」という先の結論に照らし、特定の遺伝子型をもつ A 遺伝子と B 遺伝子の関係についての記述として最も妥当であるものを次から一つ選べ。ただし、A 遺伝子と B 遺伝子の間で組み換えは起こらないものとして考えよ。 29

- ① B1 は A1 の働きのみを抑制する。
- ② B1 は A2 の働きのみを抑制する。
- ③ B1 は A1 以外の A の働きを抑制する。
- ④ B1 は A2 以外の A の働きを抑制する。
- ⑤ B1 は A1 と A2 の働きを抑制するがそれ以外の A の働きは抑制しない。
- ⑥ B1 は A1 と A2 以外の A の働きを抑制する。
- ⑦ B1 はすべての A の働きを抑制する。
- ⑧ B1 はいずれの A の働きも抑制しない。

4 動物の神経に関する問い（問1～3）に答えなさい。

動物の神経系は、ニューロンとグリア細胞で構成されている。ニューロンは、細胞体とそこから伸びる多数の突起からなり、このうち長く伸びた突起を **ア**、枝分かれした短い突起を **イ** という。

(a) 刺激を受けたニューロンの細胞膜の一部に膜電位の変化が生じると、興奮部と隣接した静止部との間に活動電流が流れ、それが隣接する静止部へ次々に伝わる。 この一連の流れを興奮の **ウ** という。

一方、刺激を受けたニューロンが隣接する別のニューロンや効果器へ興奮を伝える場合は、**エ** と呼ばれるニューロンの **ア** の末端と隣接部位との狭いすきまに、(b) **ア** の末端から化学物質が分泌されることにより興奮が伝えられる。

問1 文中の **ア** ～ **エ** に入る語句として最も適当な組み合わせを、次から一つ選べ。 **30**

	ア	イ	ウ	エ
①	樹状突起	軸索	伝達	シナプス間隙
②	樹状突起	軸索	伝達	ランビエ絞輪
③	樹状突起	軸索	伝導	シナプス間隙
④	樹状突起	軸索	伝導	ランビエ絞輪
⑤	軸索	樹状突起	伝達	シナプス間隙
⑥	軸索	樹状突起	伝達	ランビエ絞輪
⑦	軸索	樹状突起	伝導	シナプス間隙
⑧	軸索	樹状突起	伝導	ランビエ絞輪

問2 図1は、下線部(a)の細胞外を基準とした細胞内の膜電位の変化を表したものである。あとの問いに答えよ。

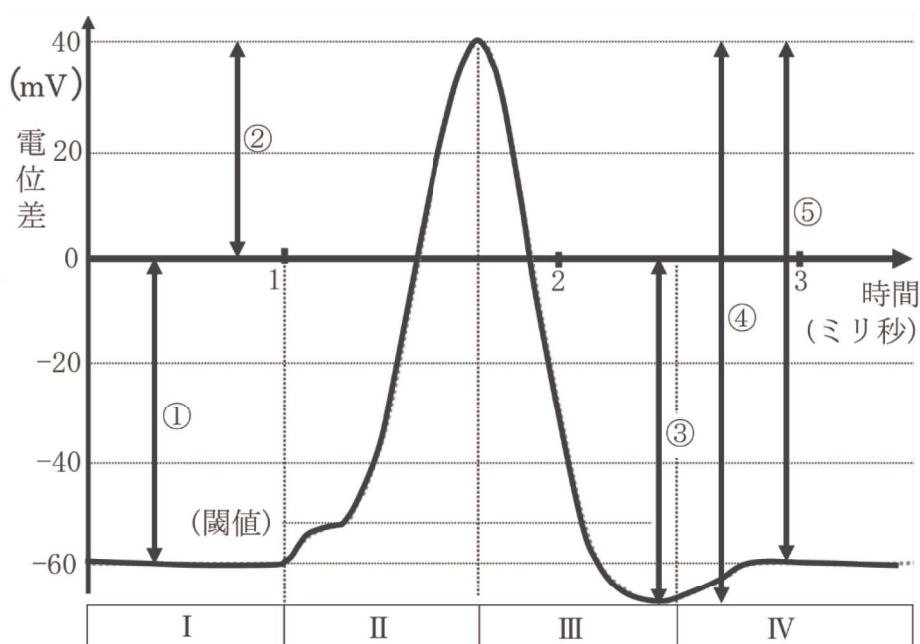


図1

(1) 活動電位の最大値と静止電位を表すものとして最も適当なものを、図 1 の①～⑤からそれぞれ一つずつ選べ。(解答番号は、活動電位の最大値は 31、静止電位は 32)

(2) 図 1 の I ～IVの期間におこる現象として適当なものを、次から二つ選べ。 33 ・ 34

- ① I では、電位に依存しないカリウムチャネルが開き、 K^+ が細胞内へ流入している。
- ② II では、電位依存性ナトリウムチャネルが開き、 Na^+ が細胞内へ流入している。
- ③ IIIでは、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いる。
- ④ IVでは、電位依存性ナトリウムチャネルが開き、 Na^+ が細胞外へ流出している。
- ⑤ II で見られるような負の膜電位が 0 mV に近づく現象を、過分極という。

(3) 下線部(b)で示す ア の末端から分泌される化学物質として最も適当なものを、次から二つ選べ。

35 ・ 36

- ① アセチルコリン
- ② インスリン
- ③ ノルアドレナリン
- ④ 鉍質コルチコイド

問 3 興奮が神経から効果器に伝わる現象を観察するため、以下の実験を行った。あとの問いに答えよ。

実験 ある両生類の運動神経とそれに連結する骨格筋を摘出して神経筋標本を作製し、神経の各部を刺激して、後に起こる筋収縮を測定した。図 2 に示すように、A 地点(神経筋接合部から 9cm 離れた部位)および B 地点(神経筋接合部から 3cm 離れた部位)で神経を刺激すると、それぞれ 9 ミリ秒後、6 ミリ秒後に筋収縮の開始を認めた。さらに筋肉を直接電気刺激したところ、1 ミリ秒後に収縮が観察された。

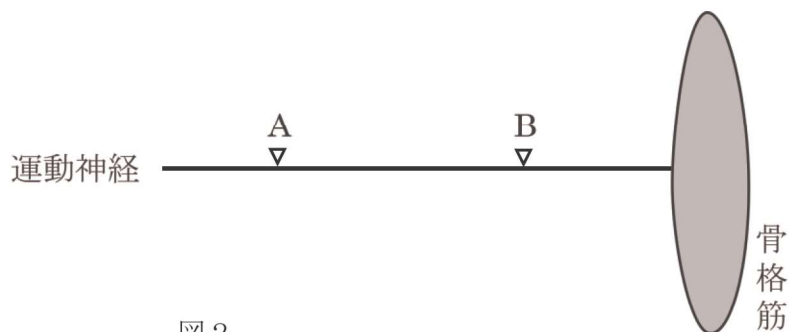


図 2

(1) 実験で用いた神経が興奮を伝える速度として最も適当なものを、次から一つ選べ。 37

- ① 0.1m/秒
- ② 0.2m/秒
- ③ 0.5m/秒
- ④ 1m/秒
- ⑤ 2m/秒
- ⑥ 5m/秒
- ⑦ 10m/秒
- ⑧ 20m/秒
- ⑨ 50m/秒

(2) 神経筋接合部での興奮が伝わるのに要する時間(単位：ミリ秒)として最も適当なものを、次から一つ選べ。 38

- ① 1
- ② 1.5
- ③ 2
- ④ 2.5
- ⑤ 3
- ⑥ 3.5
- ⑦ 4
- ⑧ 4.5
- ⑨ 5

(余 白)