

# 平成31年度 入学試験問題

## 医学部 (I期)

### 理科

#### 注意事項

1. 試験時間 平成31年1月25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)(右肩落とし)
    - 〃 (その2) 1枚(上端赤色)(左肩落とし)
    - 生物(その1) 1枚(上端緑色)(右肩落とし)
    - 〃 (その2) 1枚(上端緑色)(左肩落とし)
    - 物理(その1) 1枚(上端青色)(右肩落とし)
    - 〃 (その2) 1枚(上端青色)(左肩落とし)

以上の中から選択した2分野(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)を一番上へのせ、挙手し、監督者の許可を得てから、試験問題(冊子)、受験票、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分野の解答用紙、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)はお持ち帰り下さい。

平成31年度医学部選抜I期入学試験

問題文 訂正

化学（その1）

1 問3

（誤） ①～⑤から選び番号を記せ。

（正） ①～⑤から2つ選び番号を記せ。

# 化 学 (その1)

注 意 事 項(その1, その2とも共通)

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。
3. 原子量 H : 1.00, C : 12.0, O : 16.0, S : 32.0, Cl : 35.5, K : 39.0, Ca : 40.0,  
Cu : 64.0, I : 127.0

**1** 次の文を読み, 問に答えよ。

生体において脂肪酸は, アセチル CoA とアセチル CoA がカルボキシ化されたマロニル CoA を材料として合成される。ヒトでの合成は炭素数 16 または炭素数 18 で完了する。ヒトでは 9 位の炭素原子を超えて不飽和化する酵素がないため, リノール酸や  $\alpha$ -リノレン酸は合成できない。しかし 12 位の炭素原子に二重結合をもつ不飽和脂肪酸が, 炎症伝達物質のプロスタグランジン合成に必須であるため, ヒトは食物からリノール酸や  $\alpha$ -リノレン酸を摂取する必要がある。図 1 に代表的な脂肪酸 5 種を示す。脂肪酸を貯蔵するためには, グリセロール(1, 2, 3-プロパントリオール)の 1 位, 2 位, 3 位の炭素原子それぞれに脂肪酸がエステル結合し, トリアシルグリセロール(図 2 ア)となり, 脂肪組織に蓄えられる。

脂肪酸は生体膜の必須の成分である。生体膜は親水性の頭部と疎水性の尾部を持つ膜脂質の集合体であり, 主要な膜脂質としては, グリセロリン脂質(図 2 イ)やスフィンゴリン脂質(図 2 ウ)がある。グリセロリン脂質は, トリアシルグリセロールと同様にグリセロール骨格を持つ。1 位の炭素原子と 2 位の炭素原子に脂肪酸がエステル結合し, 3 位の炭素原子にコリン(図 3)がリン酸エステル結合すると, 親水性の頭部をもったホスファチジルコリンとなる。 3 位の炭素原子にエタノールアミンがリン酸エステル結合するとホスファチジルエタノールアミンとなり, 3 位の炭素原子にセリンがリン酸エステル結合するとホスファチジルセリンとなる。スフィンゴリン脂質はパルミチン酸とセリンを材料として合成されるスフィンゴイド類の一つのスフィンゴシン(IUPAC 名 2-アミノ-4-オクタデセン-1, 3-ジオール)を基本骨格としている。スフィンゴシンのアミノ基にアミド結合により脂肪酸を結合したものがセラミド, さらにコリンをリン酸エステル結合したものがスフィンゴミエリンであり, 神経細胞の軸索を覆うミエリン鞘<sup>しょう</sup>を構成する。

図 1

- ①  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(=\text{O})\text{OH}$
- ②  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(=\text{O})\text{OH}$  (すべて *cis*)
- ③  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(=\text{O})\text{OH}$  (*cis*)
- ④  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(=\text{O})\text{OH}$
- ⑤  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(=\text{O})\text{OH}$  (すべて *cis*)

図 2

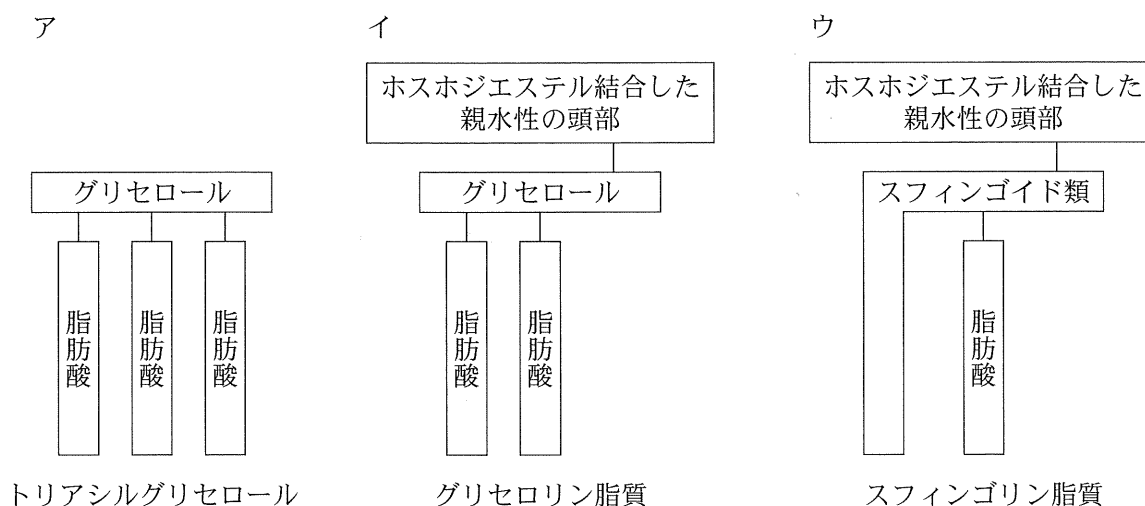
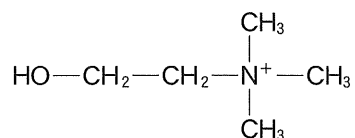


図 3

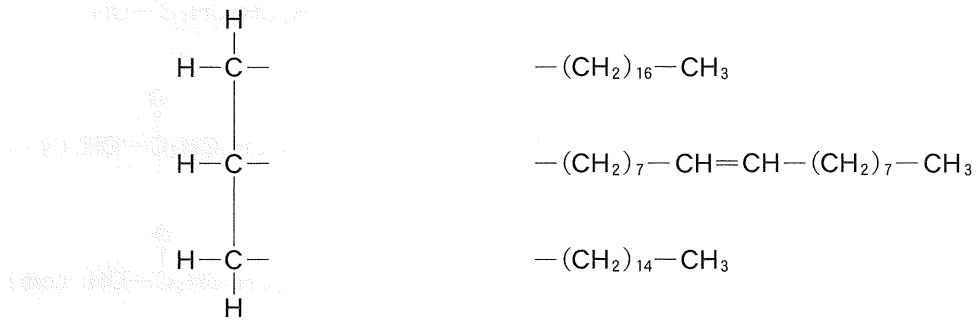


問 1 図 1 ①～⑤の脂肪酸の名称を記せ。

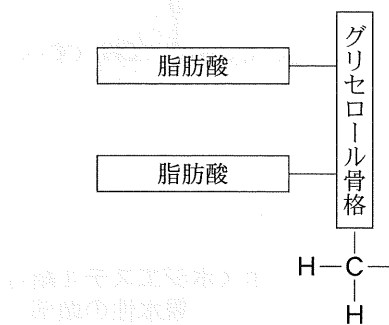
問 2 図 1 ①～⑤の 5 種の脂肪酸を融点の高いものから順に並べ番号を記せ。

問 3 図 1 ①～⑤の 5 種の脂肪酸のうち必須脂肪酸はどれか。①～⑤から選び番号を記せ。

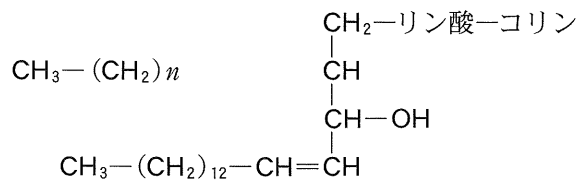
問 4 次の図のトリアシルグリセロールの構造を完成させよ。構造式は例にならって記せ。



問 5 下線部 a のホスファチジルコリンの構造を完成させよ。構造式は例にならって記せ。



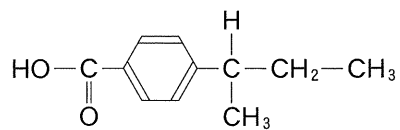
問 6 下線部 b のスフィンゴミエリンの構造を完成させよ。構造式は例にならって記せ。



問 7 コリンと酢酸がエステル結合したものが神経伝達物質アセチルコリンである。構造式を例にならって記せ。

問 8 問 4 で完成させたトリアシルグリセロールのけん化価とヨウ素価を求め、四捨五入して小数第 1 位まで記せ。

構造式の例



2 次の文を読み、問に答えよ。

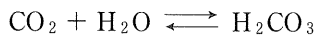
生体の pH の恒常性を保つための主要な緩衝液には、炭酸—炭酸水素イオン、リン酸二水素イオン—リン酸水素イオンによる緩衝液がある。

炭酸の電離は 2 段階あり、その第一段階は以下のごとくとなる。

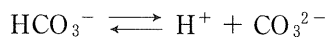
$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$  の電離定数を  $K'$  とすると、

$$\text{pH} = \text{p}K' + \log_{10} \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

生体内では炭酸は炭酸脱水酵素の作用で  $\text{CO}_2$  と  $\text{H}_2\text{O}$  から合成され、次の式の平衡関係がある。



なお、生体での炭酸—炭酸水素イオン緩衝系を考える際には、以下の炭酸の第二段階の電離は極めて小さいので考慮しない。



$\text{H}_2\text{CO}_3$  は少量解離して  $\text{H}^+$  と  $\text{HCO}_3^-$  になる。しかし、解離していない  $\text{H}_2\text{CO}_3$  の体液中の濃度測定は困難である。そこで、細胞外液中では、解離していない  $\text{H}_2\text{CO}_3$  が急速に  $\text{CO}_2$  と  $\text{H}_2\text{O}$  となり、その物質質量比が  $\text{H}_2\text{CO}_3 : \text{CO}_2 = 1 : 400$  と一定であることを利用して、 $[\text{H}_2\text{CO}_3]$  は  $[\text{CO}_2]$  の一次関数で表すと、次の式を導くことができる。

$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]}$$

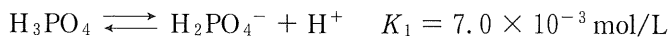
生理的条件の血しょう中で  $-\log_{10} K = 6.10$  である。

ここで、溶解する  $\text{CO}_2$  量は  $\text{CO}_2$  分圧 ( $\text{PCO}_2$ ) [kPa] に比例し、生理的条件下では  $\text{PCO}_2$  1 kPa あたり 0.225 mmol/L 溶解する。

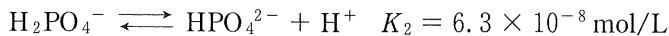
リン酸は細胞外液には約 4 mmol/L、細胞内液には約 75 mmol/L 含まれる。このため、リン酸二水素イオン—リン酸水素イオン緩衝液は細胞内液で強い緩衝能を発揮することができる。

リン酸水溶液の 37 °C での電離定数を以下とする。

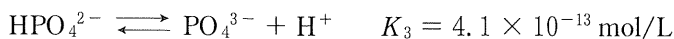
第 1 段階



第 2 段階



第 3 段階



問 1 体液の水素イオン濃度を求める以下の式を完成させよ。ただし空欄内に使用してよい文字は  $[\text{HCO}_3^-]$  と  $\text{PCO}_2$  [kPa] である。式だけで計算はしなくてよい。

$$[\text{H}^+] = K \times \boxed{\phantom{\text{HCO}_3^- \text{PCO}_2}}$$

問 2 体液 pH を求める以下の式を完成させよ。ただし空欄内に使用してよい文字は  $[\text{HCO}_3^-]$  と  $\text{PCO}_2$  [kPa] である。式だけで計算はしなくてよい。

$$\text{pH} = \boxed{\phantom{\log_{10} \frac{[\text{HCO}_3^-]}{\text{PCO}_2}}} + \log_{10} \boxed{\phantom{\frac{[\text{HCO}_3^-]}{\text{PCO}_2}}}$$

問 3 患者血液で以下の測定値を得た。問 2 で完成させた式を利用し、患者 A, B それぞれの血液の pH を求め、四捨五入して小数第 2 位まで記せ。

必要なら、 $\log_{10} 2 = 0.301$ ,  $\log_{10} 3 = 0.477$ ,  $\log_{10} 5 = 0.699$ ,  $\log_{10} 7 = 0.845$  を使用せよ。

患者 A)  $\text{PCO}_2 : 2.40 \text{ kPa}$ ,  $\text{HCO}_3^- : 8.10 \text{ mmol/L}$

患者 B)  $\text{PCO}_2 : 4.00 \text{ kPa}$ ,  $\text{HCO}_3^- : 32.4 \text{ mmol/L}$

問 4 リン酸水溶液中で、水素イオン濃度  $5.0 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$ ,  $[\text{H}_3\text{PO}_4] + [\text{H}_2\text{PO}_4^-] + [\text{HPO}_4^{2-}] + [\text{PO}_4^{3-}] = 7.5 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ ,  $37^\circ\text{C}$  の水溶液がある。この水溶液中で  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  のうち 1 番多く存在するもの、2 番目に多く存在するものはどれか。またそれぞれの濃度を求め、四捨五入して有効数字 2 桁で記せ。

問 5 体液 pH の変動要因の一つとして、酸性の薬物など体外からの酸の負荷がある。ここに酸性の薬物 HA (分子量 180 : 酸として 1 価) がある。HA は  $25^\circ\text{C}$  において  $\text{HA} \rightleftharpoons \text{A}^- + \text{H}^+$  のように電離し、その電離定数  $K$  は  $3.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$  である。

- 1) HA 64.8 mg を純水に溶かし 100 mL とした。 $25^\circ\text{C}$  での電離度  $\alpha$  と pH を求め、四捨五入して小数第 2 位まで記せ。なお  $1 - \alpha = 1$  とは近似しない。
- 2) 1) で作成した溶液に HCl あるいは NaOH を加えて pH を 2.0 に調整した。このとき、物質量で比較すると、未電離の HA は  $\text{A}^-$  の何倍存在しているか。四捨五入して小数第 1 位まで記せ。pH 2.0 に調整後に水溶液の体積に変化はなく、温度も  $25^\circ\text{C}$  のまま維持されたものとする。



## 化 学 (その2)

3 以下の問題に答えよ。

問 1 無水硫酸銅(II)  $\text{CuSO}_4$  の水 100 g に対する溶解度は  $60^\circ\text{C}$  で 40,  $20^\circ\text{C}$  で 20 とする。いま、 $60^\circ\text{C}$  の硫酸銅(II)の飽和水溶液 250 g を  $20^\circ\text{C}$  まで冷却すると、何 g の硫酸銅(II)五水和物の結晶 ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) が析出するか。四捨五入のうえ小数点以下第 1 位まで求めよ。

問 2  $0.20\text{ mol/L}$  の炭酸ナトリウム ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) と、 $0.30\text{ mol/L}$  の水酸化ナトリウム ( $\text{NaOH}$ ) の混合液 30 mL に対して、 $0.30\text{ mol/L}$  の希塩酸 ( $\text{HCl}$ ) を用いて滴定をおこなったところ、( a ) mL を要したところで第 1 中和点となった。そのまま滴定を続けると  $\text{HCl}$  を合計 ( b ) mL 要したところで第 2 中和点に達した。

上記の文章の a, b に入る値を整数で答えよ。小数点以下の数値が出た場合は四捨五入せよ。

問 3 メタノールとエタノールの混合物がある。これを完全燃焼させたところ、二酸化炭素 9.24 g と水(液体) 7.02 g を得た。このときに必要な酸素の最小の体積は標準状態で何 L か。四捨五入のうえ小数点以下第 2 位まで求めよ。なお、標準状態における酸素 1 mol の体積は 22.4 L とする。

問 4  $0.40\text{ mol/L}$  の酢酸水溶液 0.30 L と  $0.20\text{ mol/L}$  の酢酸ナトリウム水溶液 0.60 L を混合した。この混合溶液の pH の値を四捨五入のうえ小数点以下第 2 位まで求めよ。ただし  $\log_{10} 2 = 0.30$ ,  $\log_{10} 3 = 0.48$  とし、酢酸の電離定数  $K_a = 1.80 \times 10^{-5}\text{ mol/L}$  とする。

問 5 両極に白金板を用いた 1 槽の電解槽にて塩化銅(II)水溶液を 1.30 A の一定の電流で電気分解したところ、陰極の白金板上に 157 mg の銅が析出した。電流が流れた時間(秒)を四捨五入のうえ整数で答えよ。なお、ファラデー定数  $F = 9.65 \times 10^4\text{ C/mol}$  とする。

問 6 容積 2.8 L の密閉真空容器にドライアイス 13.2 g を入れて密栓し  $27^\circ\text{C}$  に保つと、ドライアイスがすべて気体になった。このときの容器内の圧力は何 Pa か。四捨五入のうえ有効数字 2 桁で答えよ。なお、気体定数  $R = 8.31 \times 10^3\text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$  とする。

問 7  $1.20\text{ mol/L}$  の塩酸 600 mL に 14.8 g の水酸化カルシウムを入れてすべてを溶かした。この溶液を過不足なく中和するのに、 $0.40\text{ mol/L}$  水酸化ナトリウム水溶液は何 mL 必要か整数で答えよ。小数点以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。

問 8 水 100 g にある非電解質の化合物 1.0 g を溶かした水溶液の凝固点は  $-0.31^\circ\text{C}$  であった。この化合物の分子量はいくらか。整数で答えよ。小数点以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。ただし、水のモル凝固点降下は  $1.85\text{ K}\cdot\text{kg/mol}$  とする。

問 9 0.20 mol/L の塩酸 300 mL と 0.15 mol/L の水酸化カリウム水溶液 300 mL を反応させた。この反応で放出される熱量は何 kJ か四捨五入のうえ小数点以下第 2 位まで求めよ。ただし、塩化水素および水酸化カリウムは、水溶液中では完全に電離しており、強酸と強塩基の中和熱は 56.5 kJ/mol とする。

問10 0.30 mol/L の酢酸水溶液と 0.27 mol/L の酢酸ナトリウム水溶液を用いて、pH 4.0 の緩衝液を調製するには、酢酸水溶液と酢酸ナトリウム水溶液を体積比(X) : 1 の割合で混合すればよい。(X)の値を整数で答えよ。小数点以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。ただし酢酸の電離定数  $K_a = 1.80 \times 10^{-5}$  mol/L とする。

4

構成粒子が規則正しく配列した構造である固体を結晶という。結晶中の粒子の規則正しい立体的な配列を結晶格子というが、金属の結晶格子は図1～3のような構造を示すものがある。

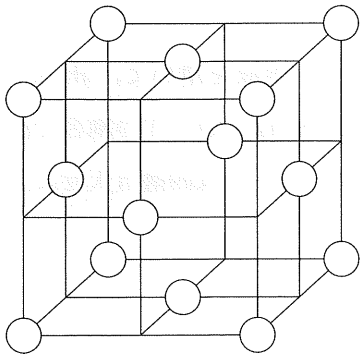


図1

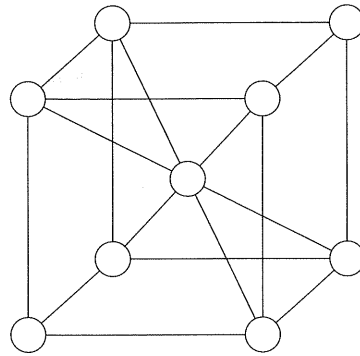


図2

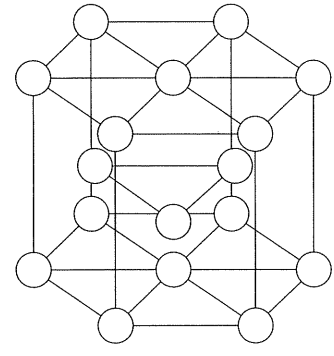


図3

A. 図1の結晶格子構造をとる金属結晶に関する以下の問に答えよ。

- 問1 この結晶格子構造をとる金属結晶の単位格子中に含まれる原子数はいくつか。
- 問2 この金属の単位格子の1辺の長さが  $4.0 \times 10^{-8} \text{ cm}$  であるとき、結晶の密度  $[\text{g}/\text{cm}^3]$  を四捨五入のうえ有効数字2桁で記せ。なおこの金属の原子量は27であり、アボガドロ定数  $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$  とする。
- 問3 金属原子を最も接近している原子どうしが互いに接する剛体球としたとき、その半径を金属結合半径という。この金属の金属結合半径はいくらになるか。  
必要であれば  $\sqrt{2} = 1.41$  を用いて計算し、四捨五入のうえ有効数字2桁で答えよ。
- 問4 以下に挙げる原子のなかで、常温常圧下で図1の金属と同じ結晶格子であるものをすべて選び、元素記号で答えよ。  
銅、ナトリウム、銀、亜鉛、アルミニウム、カリウム、マンガン、コバルト

B. 図2の結晶格子構造をとる金属結晶に関する以下の問に答えよ。

問1 この結晶格子構造のある金属では、格子の中心から一つの頂点までの距離が  $4.50 \times 10^{-8}$  cmであった。この格子の一辺の長さは何 cm になるか。

必要であれば  $\sqrt{2} = 1.41$ ,  $\sqrt{3} = 1.73$  を用いて計算し、四捨五入のうえ有効数字2桁で答えよ。

問2 単位格子内の一つの原子に接している他の原子の数を ( a ) と言い、この結晶格子の場合にはその数は ( b ) になる。括弧の a, b に入る語句または数字を答えよ。

問3 原子が結晶中の空間に占める割合を ( c ) と言い、この結晶格子の場合にはその値は ( d ) % になる。括弧の c, d に入る語句または数字を答えよ。

d の値は必要であれば  $\sqrt{2} = 1.41$ ,  $\sqrt{3} = 1.73$ ,  $\pi = 3.14$  を用いて計算し、四捨五入により小数点以下第1位まで求めよ。

C. 図3の結晶格子構造をとる金属結晶に関する以下の問に答えよ。

問1 この結晶格子構造の名称を答えよ。

# 生 物 (その1)

1 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

内分泌系には、( ① )—脳下垂体—甲状腺のような階層支配がある。例えば、階層支配の最下位に位置する末梢の内分泌器官である甲状腺からは、生理的に重要なホルモンであるチロキシンが分泌される。チロキシンの分泌量は階層支配における上位ホルモンの影響を受ける。この場合、脳下垂体前葉から分泌される甲状腺刺激ホルモン(TSH)は甲状腺に作用し、チロキシンの分泌を促進する。さらに( ① )からは、この階層支配の最上位ホルモンである甲状腺刺激ホルモン放出ホルモン(TRH)が分泌される。TRHは寒冷刺激などで分泌が促進され、脳下垂体前葉に作用してTSHの分泌を促進する。副腎皮質から分泌される糖質コルチコイドも同様で、その階層支配の最上位ホルモンは( ① )から分泌される副腎皮質刺激ホルモン放出ホルモン(CRH)である。CRHは脳下垂体前葉に作用し、副腎皮質刺激ホルモン(ACTH)の分泌を促進する。ACTHは副腎皮質に作用し、糖質コルチコイドの分泌を促進する。( ① )と脳下垂体の関係において、TRHとTSH、CRHとACTHのような関係とは異なるホルモン分泌のしくみもある。一例として、腎臓の集合管での( ② )の( ③ )を促進するホルモンであるバソプレシンの分泌のしくみがある。

血液中のホルモン濃度はフィードバックによる調節を受ける。階層支配の最下位ホルモンであるチロキシンは、脳下垂体前葉にあるTSHを分泌する細胞に作用し、チロキシンの上位ホルモンであるTSHの合成と分泌を抑制する。例えば、血液中のチロキシン濃度が上昇すると、負のフィードバックによる調節でTSHの分泌量が低下する。その結果として、血液中のTSH濃度が低下し、甲状腺からのチロキシン分泌が抑制され、血液中のチロキシン濃度が低下する。このようなフィードバックによる調節は、内分泌系の一般的な調節機構であり、これによって最下位ホルモンの血中濃度は一定範囲内に維持される。

フィードバックによる調節には、正のフィードバックによる調節と負のフィードバックによる調節がある。多くのホルモンがチロキシンと同様な負のフィードバックによる調節を受けている。負のフィードバックによる調節では、血液中の下位ホルモン濃度が上昇すると、上位ホルモンの分泌量が低下する。結果として、血液中の上位ホルモン濃度が低下し、血液中の下位ホルモン濃度が低下する。また、血液中の下位ホルモン濃度が低下すると、上位ホルモンの分泌量が増加する。結果として、血液中の上位ホルモン濃度が上昇し、血液中の下位ホルモン濃度が上昇する。一方、正のフィードバックによる調節では、血液中の下位ホルモン濃度( ア )。その結果、血液中の上位ホルモン濃度が上昇する。正のフィードバックによる調節は一部のホルモンで見られ、血液中のホルモン濃度の急激な上昇が必要な場合に機能する。

副甲状腺はパラトルモンを分泌する。パラトルモンは、( ④ )から血液中へのカルシウムイオンの溶出を促進し、血液中のカルシウムイオン濃度を増加させる。パラトルモンもフィード

バックによる調節を受けていることがわかっている。血液中のカルシウムイオン濃度とパラトルモンの分泌量の関係を図Aに示す。図Aから、血液中のカルシウムイオン濃度(イ)。その結果として、血液中のパラトルモン濃度が低下し、(④)から血液中へのカルシウムイオンの溶出が抑制され、血液中のカルシウムイオン濃度が低下する。

内分泌系の異常を呈する疾患で、チロキシンが過剰に分泌されるバセドウ病という疾患がある。バセドウ病では、「甲状腺を刺激してチロキシン分泌を促進する物質」が存在する。この物質はTSHとは異なる物質で、ここでは物質Xとよぶこととする。バセドウ病の場合でも負のフィードバックによる調節はTSHの分泌に影響を与えるが、物質Xが存在するためチロキシンの過剰分泌が続く。チロキシンには全身の代謝を(⑤)る作用があり、そのためバセドウ病では体重が(⑥)する。

問1 文中の(①)~(⑥)に適切な語句を入れなさい。

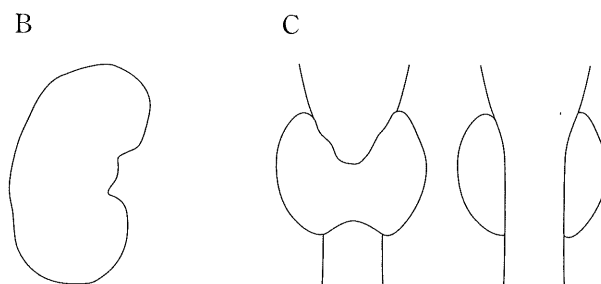
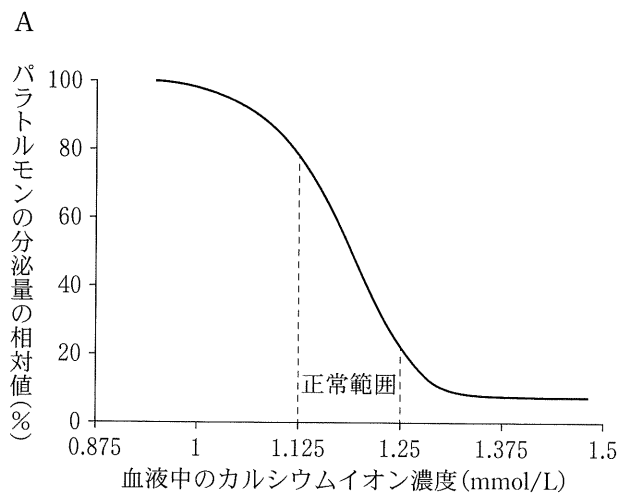
問2 (ア)に30字以内の適切な語句を入れなさい。

問3 (イ)に40字以内の適切な語句を入れなさい。正または負という語句を含めること。

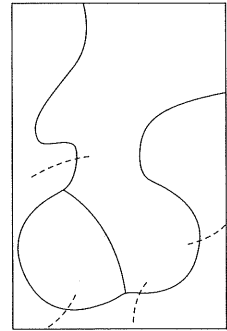
問4 以下の設問に答えなさい。いずれも概形を実線で示し、フリーハンドで丁寧に描けばよい。塗りつぶす必要はない。

(1) 図Bは右側の腎臓を前面(腹側面)から見た図である。副腎を描き加えなさい。

(2) 図Cは甲状腺を前面(腹側面)と背面から見た図である。適切な面を選び、副甲状腺を描き加えなさい。



問 5 図Dの枠内において、バソプレシンを生産する細胞を○、バソプレシンが運ばれる経路を実線(—), バソプレシンが分泌される血管を破線(-----)で、それぞれ描き加え、バソプレシンの分泌のしくみを示す模式図を完成させなさい。いずれもフリーハンドで丁寧に描けばよい。なお、血管と経路が重なるときは、破線のみを描くこと。また、あらかじめ一部の血管が破線で描かれているので、この中の適切な破線を利用すること。



問 6 (1)生体へ寒冷刺激を加えた場合、(2)バセドウ病の場合、それぞれの場合で、健常安静時を基準としてTSHとチロキシンの血液中の濃度はどのように変化するか。(a)~(i)で正しい組み合わせを選べ。

- |              |           |
|--------------|-----------|
| (a) TSH 変化なし | チロキシン変化なし |
| (b) TSH 変化なし | チロキシン上昇   |
| (c) TSH 変化なし | チロキシン低下   |
| (d) TSH 上昇   | チロキシン変化なし |
| (e) TSH 上昇   | チロキシン上昇   |
| (f) TSH 上昇   | チロキシン低下   |
| (g) TSH 低下   | チロキシン変化なし |
| (h) TSH 低下   | チロキシン上昇   |
| (i) TSH 低下   | チロキシン低下   |

2 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

しつがい腱を(ア)と思わず足が上がる。手に熱いものが触れると思わず手を引っ込める。このように刺激に対して無意識にすばやい反応を行うしくみを反射という。刺激を受容し、反射によって反応が引き起こされるまでの興奮が伝わる神経の経路を(イ)という。受容器の興奮は求心性神経を介して反射の中枢に伝わり、反射の中枢から遠心性神経を介して(ウ)に興奮が伝わる。反射の中枢は、主に脊髄や延髄、中脳に存在する。反射は運動反射、自律神経反射、内分泌反射に分けられ、脊髄には運動反射の中枢が多く存在する。

しつがい腱反射では、しつがい腱を(ア)ことで、それにつながる「ひざ関節を伸ばす筋肉」が伸張される。同時に、その筋肉において、筋肉内の受容器である(エ)が伸張され、(エ)にからみつく求心性神経である感覚神経が興奮する。感覚神経は(オ)を通して脊髄の(カ)質に入り、そこで遠心性神経である運動神経へ(キ)という接続部位を介して興奮を伝える。運動神経は(ク)を通して末梢へ出ていく。「ひざ関節を伸ばす筋肉」に興奮が伝わると、その筋肉は収縮し、足が上がる。一方、手に熱いものが触れるとすぐに手を引っ込める(ケ)反射においても、反射の中枢は脊髄にある。しかし、しつがい腱反射と(ケ)反射では、(イ)における(キ)の数が異なっている。

しつがい腱反射では、「ひざ関節を伸ばす筋肉」が収縮するだけでなく、「ひざ関節を曲げる筋肉」が反射的に弛緩する。これは脊髄において、神経と神経をつなぐ役割を果たす(コ)神経のはたらきにより、「ひざ関節を曲げる筋肉」の運動神経が抑制されるためである。

しつがい腱反射は伸張反射に分類される。伸張反射とは、筋肉が引き伸ばされたときにその筋肉が収縮する反射である。筋肉が収縮すると筋肉の長さは短くなり、それとともに(エ)からの感覚神経の興奮とそれによる伸張反射は減弱していく。伸張反射の機能は、(a)を反射的に制御して、姿勢や四肢の位置を保持することであるといえる。

問1 文中の(ア)～(コ)に適切な語句を入れなさい。

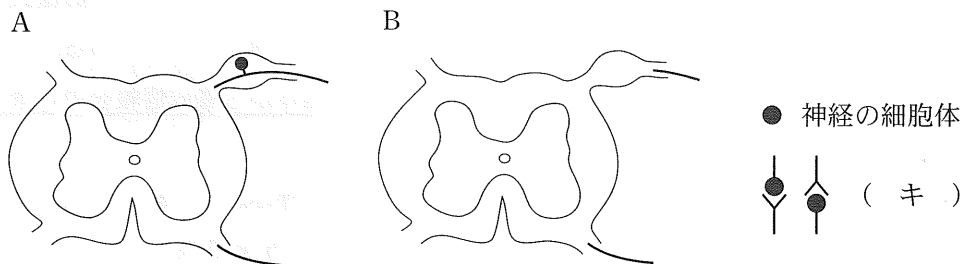
問2 文中の(a)に適切な5字の語句を入れなさい。文章中にある語句を用いること。



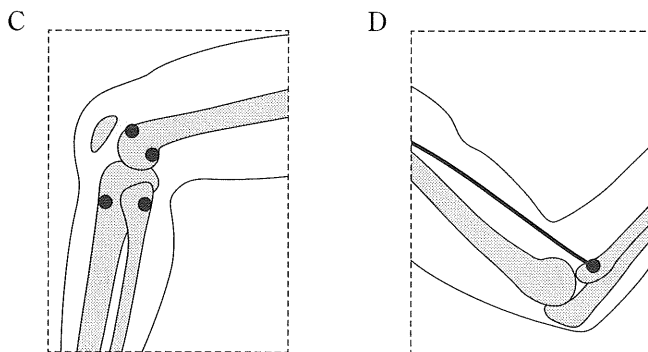
問 3 (イ)に関する以下の設問に答えなさい。

(1) 図Aには、しつがい腱反射の(イ)の一部が太い実線で描かれている。(イ)の脊髄内の経路を描き加えなさい。なお、神経の細胞体、(キ)の部分は、図Bの右にある描き方を参考にすること。フリーハンドで丁寧に描けばよい。反対側の(イ)は描かなくてよい。

(2) 図Bには、(ケ)反射の(イ)の一部が太い実線描かれている。(1)と同様に、(イ)の脊髄内の経路を描き加えなさい。フリーハンドで丁寧に描けばよい。反対側の(イ)は描かなくてよい。



問 4 図Cはひざ関節周辺の模式図、図Dはひじ関節周辺の模式図である。着色されているのは骨である。図Dの太い一本線の実線は、「ひじ関節を伸ばす筋肉」または「ひじ関節を曲げる筋肉」のいずれかを示している。一般に筋肉は二つの骨の間であって、筋肉の両端は腱となって骨に付着し、筋肉は収縮によって骨相互の位置関係を変える。図Dの太い実線で示す筋肉は、●部分で骨に付着している。もう一端の骨への付着部位は破線の枠の外にある。そこで、図Dを参考にして、図Cの破線の枠内に、「ひざ関節を伸ばす筋肉」を一本線の実線(—)で、「ひざ関節を曲げる筋肉」を二本線の実線(==)で描き加えなさい。いずれもフリーハンドで丁寧に描けばよい。これらの筋肉はそれぞれいずれかの●部分で骨に付着しているので、適切な●を選ぶこと。もう一方の骨への付着部位はいずれの筋肉も図Cの破線の枠の外にある。



## 生 物 (その2)

3 生物の遺伝情報と生殖についての文章を読んで、以下の設問に答えなさい。

生物(細胞)の遺伝情報(ゲノム)は、染色体の核酸に存在し、その本体は、核酸を構成するヌクレオチドの(ア)配列である。染色体のセットの数で表される細胞の状態を(イ)と呼ぶ。体細胞のように染色体のセットを2組持つ細胞の(イ)を(ウ)といい、卵や精子のように染色体のセットを1組持つ細胞の(イ)は(エ)と呼ぶ。多くの高等生物の体細胞はゲノムを2組持ち、そのような個体は(オ)体と呼ばれる。<sup>(a)</sup>

生物が個体を殖やすことを生殖と呼ぶ。生殖には無性生殖と有性生殖の2つの様式がある。無性生殖は、単細胞の原生生物や細菌類が2つの個体に分裂して増える様式である。この場合に生じる子の遺伝形質は親と同一である。有性生殖は、2つの個体から遺伝情報を受け継いで新たな個体を殖やす方法である。<sup>(b)</sup>

有性生殖で、2つの親より作られる生殖細胞を(カ)と呼ぶ。(カ)の大きさに明確な違いがある場合、そのうち大きい方を雌性(カ)、小さい方を雄性(カ)と呼ぶ。2つの(カ)が合一することを(キ)または受精と呼ぶ。

ヒトの場合、(カ)のもととなる細胞は(ク)と呼ばれる。(ク)は発生3週に卵黄囊の壁に出現し、6週に生殖堤に移動して、精巣では(ケ)となる。(ケ)は体細胞分裂を繰り返したのち、一次(コ)となって減数分裂の段階に入り、二次(コ)を経て、最終的に小型で運動性の精子が形成される。

問1 空欄(ア)～(コ)に適切な語句を入れなさい。

問2 下線部(a)で高等生物がゲノムを2組持つ利点について40字以内で答えなさい。

問3 ヒトの減数分裂について、以下の問いに答えなさい。

- (1) ヒトの減数分裂において、染色体の乗換えが起きやすいのはどの時期か。以下の中から1つ選び、①～⑪の記号で答えなさい。

[分裂の時期]

- |                          |            |                          |
|--------------------------|------------|--------------------------|
| ① 第1分裂前のG <sub>1</sub> 期 | ② 第1分裂前のS期 | ③ 第1分裂前のG <sub>2</sub> 期 |
| ④ 第1分裂の前期                | ⑤ 第1分裂の中期  | ⑥ 第1分裂の後期                |
| ⑦ 第1分裂の終期                | ⑧ 第2分裂の前期  | ⑨ 第2分裂の中期                |
| ⑩ 第2分裂の後期                | ⑪ 第2分裂の終期  |                          |

(2) 染色体の乗換えが起きやすくなっている時期の相同染色体が、平行に並んで密着する状態を何と呼ぶか(A)。また、その状態の相同染色体を何と呼ぶか(B)。

(3) ヒトの場合、染色体の乗換えの頻度は卵子の方が精子よりも高い。その理由を40字以内で答えなさい。

問 4 下線部(b)は、生物の進化の過程でどのような役割を果たしたかを 30 字以内で答えなさい。

問 5 減数分裂で、相同染色体の分離は無作為に行われ、染色体の乗換えは起こらないものと仮定すると、ヒトでは、1組の男女の夫婦から生まれてくる子どもの染色体の組み合わせは何通りになるか。

4

生命の起源と変遷についての文章を読み、以下の設問に答えなさい。

生命が誕生する以前の地球では、火山ガスの噴出により大気中に多量の二酸化炭素や窒素、水蒸気が存在し、(ア)はほとんど含まれていなかったと考えられている。また、水中には火山活動によって放出された硫化水素、水素、窒素、アンモニア、メタンなどが溶解しており、生命の誕生に必要な有機物が多く蓄積されていたとされている。(a)

このような中で、約38~40億年前に誕生した生物は原核生物である。初期の原核生物には、周囲の有機物を分解してエネルギーを得る生物の他に、無機物から有機物を合成する生物も存在したと考えられている。(b) (c) その中で、水と二酸化炭素を原料とし光エネルギーを利用して有機物を合成する(イ)が大繁殖し、その結果、大量の(ア)が水中に放出された。(イ)の化石(d)は、約20~30億年前の地層から大量に発見されている。そのような中で、大量に発生した(ア)を利用する(ウ)が出現し、次第にその数が増えていった。その後、原核生物の中に(イ)や(ウ)が入り込むことによって、真核生物が進化したと考えられている。(e) 真核生物の化石が出現するのは約20億年前からである。

問1 空欄(ア)~(ウ)に適切な語句を入れなさい。

問2 下線(a)について以下の設問に答えなさい。

- (1) 生命が誕生する以前の有機物の生成過程を何と呼ぶか。
- (2) 有機物の中で生命の誕生に特に必要な物質(一般名)を2つあげよ。

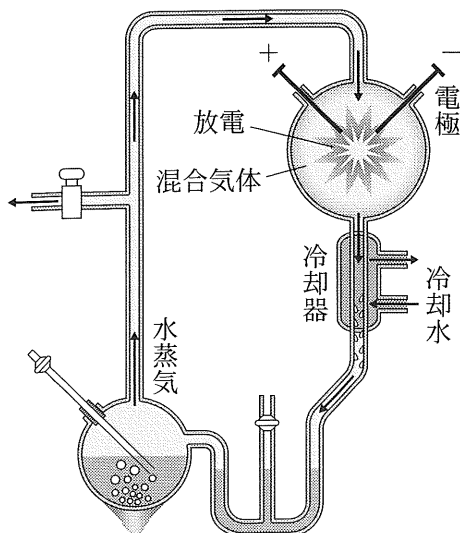


図1

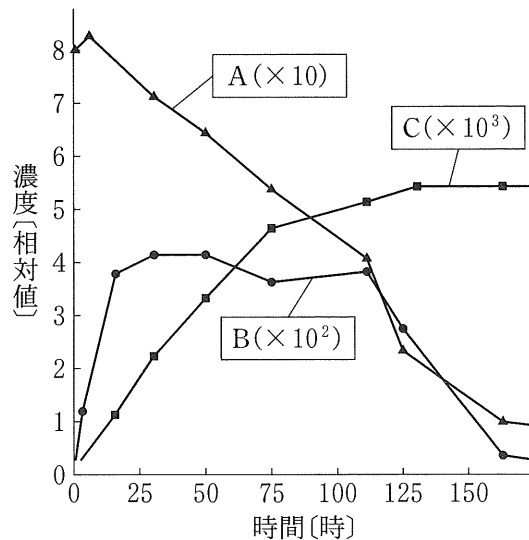


図2

生命が誕生する以前に有機物が生成される現象を証明するため、図1のように、混合気体(H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>)に放電を行って、有機物が生成されることを調べる実験が行われた。図2は、放電後の気体を冷却し、得られた液体の中の3つの成分の時間的変動を示している。縦軸は物質の濃度の相対値で、A, B, Cの濃度は、それぞれ10倍, 100倍, 1000倍の値で比較されている。

(3) この実験を行った学者はだれか。

(4) 図2のAはもとの混合気体中の1成分で、Bは生成された気体成分、Cは生成された有機物成分である。物質A, Bの気体名とCの有機物名(一般名)を答えなさい。

(5) この実験のような現象は現在も地球上で起きていると考えられている。そのような場所はどこか答えなさい。

問3 下線(b)と下線(c)の生物をそれぞれ何と呼ぶか。

問4 下線(d)について以下の設問に答えなさい。

(1) (イ)の化石を含んでいる層状構造を持つ岩石を何と呼ぶか。

(2) 大量の(ア)が放出された結果形成された鉱物で、最も多く存在するものは何か。

問5 下線(e)について以下の設問に答えなさい。

(1) この学説を何と呼ぶか。

(2) (イ)と(ウ)が起源とされている真核生物の細胞小器官はそれぞれ何か。

(3) この現象は真核生物にどのように利点をもたらしたか説明しなさい。(40字以内)

(4) この学説が支持される根拠となる事象を2つ説明しなさい。(40字以内)

## 物 理 (その1)

1 以下の問いに答えなさい。

A 静止流体(たとえば流れのない空気)中を鉛直上向きに初速度  $v_0$  で打ち上げられた小さな物体の運動を考えよう。物体の上向き速度  $v$  は打ち上げ時からの時間  $t$  の関数として

$$v(t) = v_0 e^{-\frac{t}{L}} + v_1 (1 - e^{-\frac{t}{L}}) \quad (\text{a})$$

と与えられたとしよう。ここに  $v_1$  は時間によらない物理量で、 $e = 2.718\cdots$  は自然対数の底である。物理量  $L$  をここでは仮に物理因子と呼ぶことにする。さらに鉛直下向き方向の距離はどこまでも取りうるものとする。このとき以下の問いに答えなさい。ただし重力加速度の大きさを  $g$  としなさい。

物体には物体の運動方向と逆向きに流体から抵抗が働く。その大きさ  $f$  は、流体に対する物体の速さ  $v$  に比例した。すなわち比例定数を  $k$  とすると  $f$  は以下ようになる。

$$f = kv$$

(1) この物体の質量、上向き加速度、上向き速度をそれぞれ  $m$ ,  $a$ ,  $v$  としたとき、物体の運動の式は以下の式(b)のようになる。式(b)の右辺(イ)を  $m$ ,  $k$ ,  $v$ ,  $g$  を用いて表しなさい。

$$ma = \boxed{\text{(イ)}} \quad (\text{b})$$

(2) 速度の時間変化を表す式(a)を、横軸を時間  $t$  として解答用紙のグラフに書き入れなさい。ただし鉛直上向きを正の向きとしなさい。

(3)  $v_1$  を  $m$ ,  $k$ ,  $v_0$ ,  $g$  の中の必要な文字を使って表しなさい。

(4) 式(a)を変形させて、物体が持つ加速度  $a$  を速度  $v(t)$ ,  $v_1$  および物理因子  $L$  を使って表しなさい。

(5) 物理因子  $L$  を  $m$ ,  $k$ ,  $v_0$ ,  $g$  の中の必要な文字を使って表しなさい。 $L$  の単位は質量、長さ、時間をそれぞれ表す kg, m, s あるいはこれらを組み合わせたどんな単位を持っているか。また  $L$  の大小により変化の速さはどのようなようになるのかを 25 字以内で答えなさい。

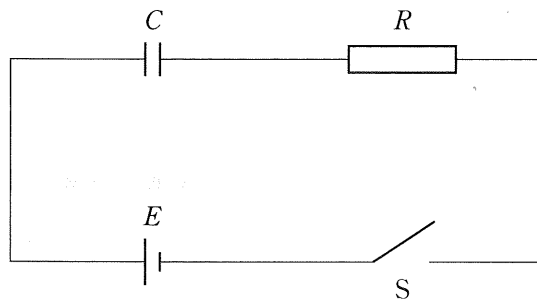
(6) 物体が最高点に達した時間  $t_1$  を  $L$ ,  $v_0$ ,  $v_1$  の中の必要な文字を使って表しなさい。必要なら対数を使いなさい。

**B** 図のような抵抗値  $R$  の抵抗と電気容量  $C$  のコンデンサーに、内部抵抗が無視できる起電力  $E$  の電池を接続した直流回路を作った。S はスイッチである。コンデンサーの電気量が 0 の状態で S を閉じた。コンデンサーの充電が始まる。抵抗とコンデンサーの両端間電圧は充電に伴ってそれぞれ時間とともに変化する。一方これらの和は常に回路全体にかかっている電圧  $E$  に等しい。充電中のある瞬間、抵抗を流れる電流を  $I$ 、またコンデンサーに蓄えられる電気量を  $q$  とすると下の式を得る。

$$E = \boxed{\text{□}} \quad (\text{c})$$

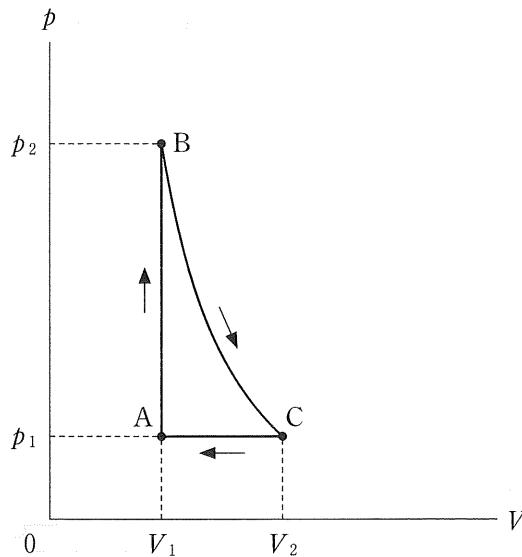
電流  $I$  は単位時間に回路を移動する電気量である。よって電流が流れるとコンデンサーに蓄えられる電気量  $q$  が増える。この  $q$  の時間変化は、**A** の問題で、 $t \geq t_1$  で物体が持つ下向き速度と同様の振る舞いをする。このとき以下の問いに答えなさい。

- (1) 式(c)の右辺(□)を書き出しなさい。
- (2) 十分に時間が経過するとコンデンサーの充電は終了する。最終的に蓄えられた電気量はいくらとなるか。
- (3) この系の時間変化に関する物理因子を、 $R$ 、 $C$ 、 $E$  の中の必要な文字を使って表しなさい。



2 なめらかなピストンを持つシリンダーに  $n$  mol の単原子分子の理想気体を入れて図のように  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$  と 3 状態間を変化させた。図の縦軸と横軸はそれぞれ気体の圧力  $p$  と体積  $V$  である。 $A \rightarrow B$  は定積変化である。 $B \rightarrow C$  は  $pV^2 = \text{一定}$  という変化である。さらに  $C \rightarrow A$  は定圧変化である。

3 状態の(体積, 圧力, 絶対温度)はそれぞれ  $A(V_1, p_1, T_1)$ ,  $B(V_1, p_2, T_2)$  および  $C(V_2, p_1, T_3)$  である。ただし  $\frac{p_2}{p_1} > \frac{V_2}{V_1}$  であった。気体定数を  $R$  としたとき以下の問いに答えなさい。



- (1)  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$  の変化を、横軸に温度  $T$ 、縦軸に体積  $V$  をとったグラフに書き直しなさい。グラフは誤解を生まないよう明確に描きなさい。また変化の向きを示す矢印を入れなさい。
- (2) 状態変化  $B \rightarrow C$  において気体が外部に行う仕事  $W'$  は  $pV^2 = \text{一定}$  という曲線  $BC$  と  $V = V_1$ ,  $V = V_2$  および  $V$  軸に囲まれた面積である。よって  $W'$  は、 $pV^2 = K$  ( $K$  は定数) において次の積分から求められる。積分の結果(a)を  $n$ ,  $R$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  の中から必要なものを使って表しなさい。

$$W' = \int_{V_1}^{V_2} p dV$$

$$= \boxed{\text{(a)}}$$

- (3)  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$  のサイクルを熱機関とみなしたとき、熱効率はいくらか。 $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  を用いて表しなさい。



## 物 理 (その2)

3 下図のように、点B～点Fの位置に凸レンズや凹面鏡を置き、その光軸上の点Aに光軸に垂直に物体を置いた。以下の問いに答えなさい。なお各設問でレンズや距離の設定が異なるので注意しなさい。

- (1) 図1のように、点Bに焦点距離20 cmの凸レンズと点Cに焦点距離10 cmの凸レンズを置いたとき、2つのレンズにより最終的に生じる像の位置、実像か虚像か、倍率、正立か倒立かを答えなさい。AB間の距離は40 cm、BC間の距離は45 cmとする。
- (2) 図2のように、点Bに焦点距離20 cmの凸レンズとD点に焦点距離20 cmの凹面鏡を置いたとき、最終的に生じる像の位置、実像か虚像か、倍率、正立か倒立かを答えなさい。AB間の距離は40 cm、BD間の距離は50 cmとする。
- (3) 図3のように、点Aから100 cm離れたところにスクリーンSを、E点またはF点には同じ凸レンズを置いた。その結果、スクリーン上に高さがそれぞれ6.0 cmと1.5 cmの2つの鮮明な実像が生じた。点Aに置いた物体の高さと凸レンズの焦点距離を求めなさい。

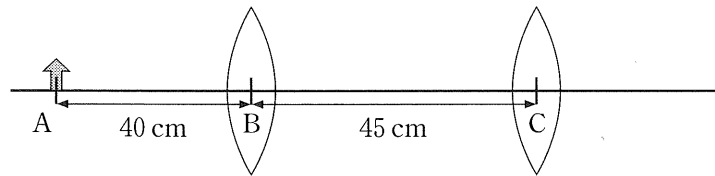


図 1

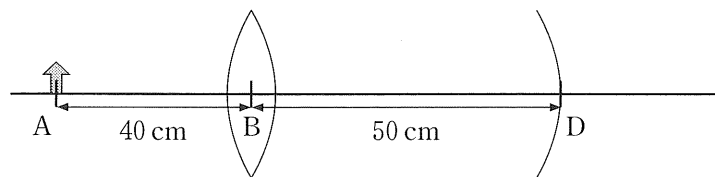


図 2

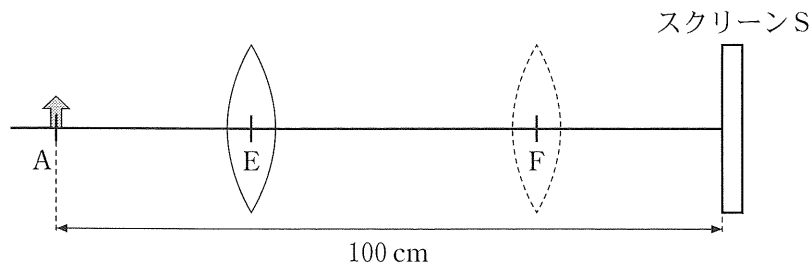


図 3

4 図1のグラフの特性を有する電球を用い、図2に示す直流回路を作製した。抵抗  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  それぞれの抵抗値は、 $R_1 = 4.0 \Omega$ ,  $R_2 = 12 \Omega$ ,  $R_3 = 8.0 \Omega$ ,  $R_4 = 20 \Omega$  である。電球及び抵抗以外の電気抵抗は無視できるものとする。このとき以下の問いに答えなさい。なお単位も記入しなさい。

- (1) いま、 $R_2$  に流れる電流が  $4.0 \text{ A}$  であった。電球を流れる電流、電圧、ならびに電球の消費電力を求めなさい。
- (2) 電源の電圧  $V_0$  を求めなさい。
- (3) 電球が図1のような電流—電圧曲線を示す理由を60字以内で答えなさい。

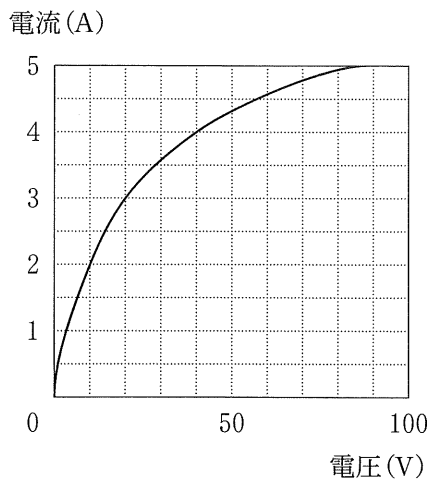


図1

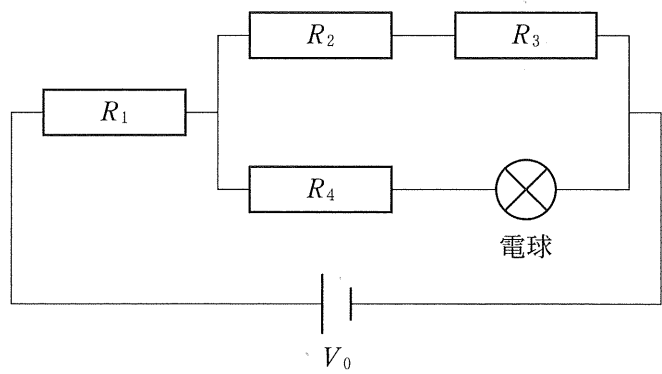


図2