

平成 29 年度 入学試験問題

理 科

Ⅰ 物 理・Ⅱ 化 学・Ⅲ 生 物・Ⅳ 地 学

2 月 25 日 (土) (情—自然) 13 : 45—15 : 00

(情—コン・理・
医・工・農) 13 : 45—16 : 15

注 意 事 項

1. 試験開始の合図まで、この問題冊子と答案冊子を開いてはいけない。
2. 問題冊子のページ数は、65 ページである。
3. 問題冊子とは別に、答案冊子中の答案紙が理学部志望者と情報学部自然情報学科とコンピュータ科学科志望者には 20 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 4 枚、地学 8 枚)、医学部志望者と農学部志望者には 12 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 4 枚)、工学部志望者には 8 枚(物理 3 枚、化学 5 枚)ある。
4. 落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつたら、ただちに申し出よ。
5. 情報学部自然情報学科志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 1 科目を選択して解答せよ。
情報学部コンピュータ科学科志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 2 科目を選択して解答せよ。ただし、物理を必ず含むこと。
理学部志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 2 科目を選択して解答せよ。ただし、物理、化学のいずれかを必ず含むこと。
医学部志望者と農学部志望者は、物理、化学、生物のうち 2 科目を選択して解答せよ。
工学部志望者は、物理と化学の 2 科目を解答せよ。
6. 解答にかかる前に、答案冊子左端の折り目をていねいに切り離し、自分が選択する科目の答案紙の、それぞれの所定の 2 箇所受験番号を記入せよ。選択しない科目の答案紙には、大きく斜線を引け。
7. 解答は答案紙の所定の欄に記入せよ。所定の欄以外に書いた解答は無効である。
8. 答案紙の右寄りに引かれた縦線より右の部分には、受験番号のほかは記入してはいけない。
9. 問題冊子の余白は草稿用として使用してもよい。
10. 試験終了後退室の許可があるまでは、退室してはいけない。
11. 答案冊子および答案紙は持ち帰ってはいけない。問題冊子は持ち帰ってもよい。

Ⅱ

化 学

- (1) 問題は、次のページから書かれていて、Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ，Ⅴの5題ある。5題すべてに解答せよ。
- (2) 解答は、答案紙の所定の欄に書き入れよ。文字や記号はまぎらわしくないように、はっきりとていねいに記せ。
- (3) 原子量が必要なときは次の値を用いよ。

H = 1.0, Li = 7.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, S = 32, Cl = 35,
Cu = 64

化学 問題 I

問 1 次の文章を読んで、設問(1)～(3)に答えよ。

国際純正・応用化学連合(IUPAC)は、原子番号 113, 115, 117, 118 の元素を、それぞれ「ニホニウム Nh」, 「モスコビウム Mc」, 「テネシン Ts」, 「オガネソン Og」と命名することとした。これらの4元素はいずれも自然界には存在せず、すべて人工的に作られた。ニホニウムは日本の理化学研究所仁科加速器研究センターが原子番号 30 の亜鉛と 83 のビスマスを加速器内で衝突させる実験により発見したもので、日本の国名にちなんだ名称が提案された。

設問(1)：原子番号は原子を構成する粒子のうち何の数を表すか記せ。

設問(2)：原子番号が等しく質量数が異なる原子が存在する場合がある。

- (i) このような原子どうしを互いに何とよぶか答えよ。
- (ii) これらの原子の質量数が異なる原因は何か述べよ。

設問(3)：元素周期表では、互いに化学的性質が似た元素が、縦に並ぶように配置されている。この周期性が延長されると仮定すると、新たに命名された4つの元素はいずれも典型元素であり、オガネソン(原子番号 118)はヘリウムやネオンと似た化学的性質を示すと考えられる。

- (i) 周期表上で縦に並ぶ、性質が似た元素群を何とよぶか答えよ。
- (ii) (i)の元素群のうち、テネシン(原子番号 117)が属すると考えられる元素群の名称を記せ。
- (iii) 周期表上で縦に並ぶ元素の性質が類似する原因は何か述べよ。
- (iv) ニホニウム(原子番号 113)と似た化学的性質を示すと考えられる最も軽い元素を元素記号で記せ。

問 2 次の文章を読んで、設問(1)~(5)に答えよ。

原子やイオン、分子が周期的に規則正しく配列した固体を結晶という。たとえば、ダイヤモンドやケイ素、黒鉛の結晶は ア 結晶であり、ドライアイスやヨウ素の結晶は イ 結晶である。塩化ナトリウム NaCl や硫化亜鉛 ZnS は、陽イオンと陰イオンがイオン結合を形成したイオン結晶である。

① NaCl 結晶の単位格子を図 1 に示す。単位格子中のそれぞれ正味のイオン数は、ナトリウムイオン Na^+ が ウ 個、塩化物イオン Cl^- が エ 個であり、 Na^+ の配位数は オ である。

イオン結晶の構造や特性は、構成するイオンのイオン半径の影響を強く受ける。塩化ナトリウム型のイオン結晶について、陰イオンの大きさと結晶の安定性の関係を図 2 に示す。陽イオンと陰イオンができるだけ多く接するほうが安定であり(図 2 の a)、陽イオンと陰イオンがすべて接した状態までは安定であるが(図 2 の b)、陰イオンどうしのみが接すると不安定になる(図 2 の c)。

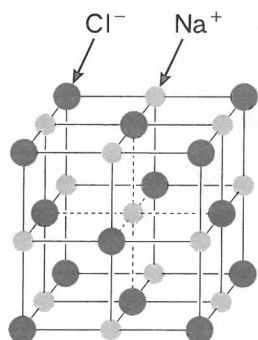


図 1 NaCl の単位格子

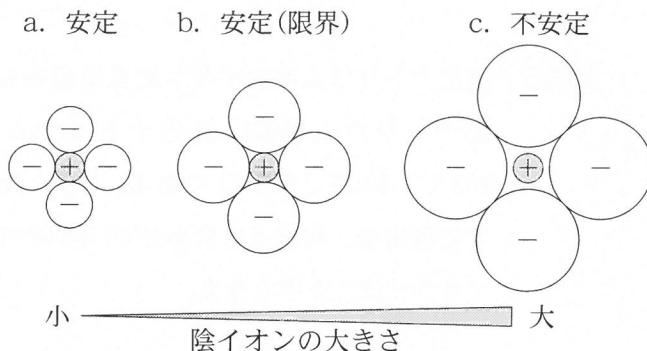


図 2 イオン結晶のイオンの大きさと安定性

(次頁に続く)

設問(1)：文中の空欄 ア と イ にあてはまる最も適切な語句を、
ウ ～ オ に適切な数値を答えよ。

設問(2)：下線①のイオン結合をつくり出すイオン間に働く主な力を答えよ。

設問(3)：下線②に関して、陽イオンの半径を r 、陰イオンの半径を R としたとき、すべてが接した状態(図2のb)のイオン半径比(r/R)を有効数字2桁で求めよ。必要であれば次の数値、 $\sqrt{2} = 1.41$ 、 $\sqrt{3} = 1.73$ 、 $\sqrt{5} = 2.24$ を用いよ。

設問(4)：臭化ナトリウム NaBr は、安定な塩化ナトリウム型のイオン結晶である。 Na^+ および Br^- をそれぞれ半径 0.12 nm 、 0.18 nm の球体として、 NaBr 結晶の充填率(単位格子中の体積に占めるイオンの体積の割合)を有効数字2桁の百分率(%)で求めよ。ただし、円周率 $\pi = 3.1$ とする。

設問(5)：塩化ナトリウム型のイオン結晶構造をもつフッ化ナトリウム NaF 、塩化ナトリウム NaCl 、臭化ナトリウム NaBr の融点は、それぞれ、 993°C 、 801°C 、 747°C である。 NaF 、 NaCl 、 NaBr の順に融点が低下する理由を、句読点を含めた60字以内で説明せよ。なお、元素記号やイオン式は、1字とせよ。

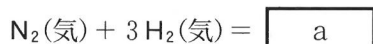
草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)

化学 問題Ⅱ

問 1 次の文章を読んで、設問(1)～(4)に答えよ。

アンモニアは、工業的には、空気中の窒素と水素を反応させることによって合成されている。反応熱は、ア の法則を利用して、それぞれの分子の結合エネルギーによって見積もることができる。結合エネルギーはそれぞれ、 $\text{N}\equiv\text{N}$ が 946 kJ/mol 、 $\text{H}-\text{H}$ が 436 kJ/mol 、 $\text{N}-\text{H}$ が 391 kJ/mol であることから、熱化学方程式を書くと、



となり、この反応が イ 熱反応であることがわかる。

N_2 と H_2 を物質質量比 1 : 3 で密閉容器に封入し、温度を一定に保ちながら反応させた。反応開始時の容器の圧力は P_0 であったが、時間の経過とともに変化し、ある値 P_1 で一定になった。アンモニアの生成率を高くするには、ウ の原理より、圧力をより エ すればよく、また、温度はより オ すればよい。

設問(1)：文中の空欄 ア ～ オ にあてはまる最も適切な語句を記せ。

設問(2)：文中の空欄 a に適切な式を記入し、熱化学方程式を完成させよ。

設問(3)：下線①について、全圧の時間変化の概形を答案紙の図に実線で記せ。図の縦軸上に P_1 の位置も記せ。さらに同様の実験を、触媒を導入して行った。このときの全圧の時間変化の概形を、答案紙の図に破線で記せ。

設問(4)：下線①について、 $P_0 = 8.0 \times 10^7 \text{ Pa}$ で反応を開始したところ、平衡後に全圧が $2.0 \times 10^7 \text{ Pa}$ だけ変化した。このとき、平衡後のアンモニアの分圧 P_{NH_3} と圧平衡定数 K_p の値をそれぞれ、有効数字 2 桁で求め、単位とともに記せ。

問 2 次の文章を読んで、設問(1)～(3)に答えよ。ただし、気体定数は $8.3 \text{ J}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とする。

アレニウスは、化学反応の反応速度定数 k が温度の関数として示されることを発見した。この関数を常用対数で表すと、以下のようになる。

$$\log_{10} k = -\frac{E_a}{2.3 RT} + \log_{10} A$$

R は気体定数、 T は絶対温度、 E_a は活性化エネルギーである。 A は頻度因子とよばれる定数である。

ある反応を 300 K から 400 K に上げて反応速度を測定したところ、反応速度定数は 1000 倍に増加した。^①

さらに、ある触媒を用いてこの反応を行ったところ、反応速度定数は ア した。このとき、活性化エネルギーは触媒のないときの半分になり、^②頻度因子は増大することが分かった。

設問(1)：文中の空欄 ア にあてはまる最も適切な語句を記せ。

設問(2)：下線①のとき、この反応の活性化エネルギーを有効数字 2 桁で求め、単位とともに記せ。

設問(3)：下線②の反応について、触媒を用いない場合とともに、横軸を $1/T$ 、縦軸を $\log_{10} k$ としたグラフを作成した。このグラフの概形として最も適切なものを図 1 の **a** ～ **h** の中から選び記号で答えよ。

(次頁に続く)

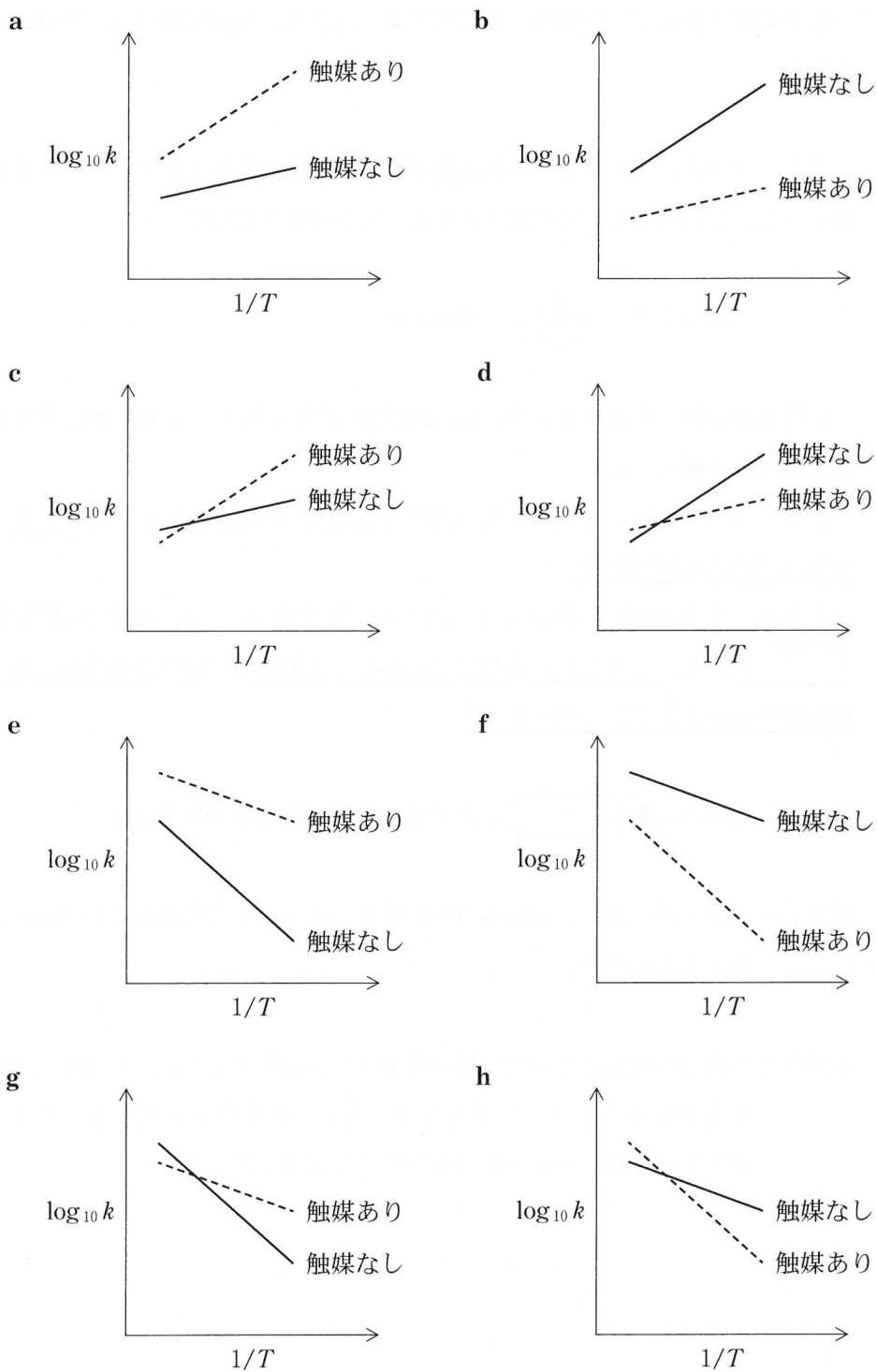


図 1

草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)

化学 問題Ⅲ

問 1 次の文章を読んで、設問(1)~(5)に答えよ。ただし、ファラデー定数は $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ 、理想気体のモル体積は 22.4 L/mol (0°C , $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$) とする。

図 1 に示すように、それぞれ異なる水溶液で満たされた三つの電解槽が電源と接続されている。電極 A~F には、いずれも炭素棒が用いられている。電源から 3.86 A の電流を一定時間流した結果、B 極の重量は 0.64 g 増大し、^①B 極以外の電極からはいずれも気体が発生した。また、C 極から発生した気体 C と E 極から発生した気体 E を捕集した結果、気体 C の体積 $V_C [\text{L}]$ と気体 E の体積 $V_E [\text{L}]$ の比は $V_C : V_E = 1 : 6$ であった。^②三つの電解槽から発生した気体はいずれも理想気体であり、水中への溶解や電極との反応は無視できるものとする。

D 極から発生した気体 D は ア である。工業的には触媒の存在下で石油や天然ガスを水蒸気と反応させて製造する方法がある。気体 D と酸素との反応による化学エネルギーを電気エネルギーに直接変換する装置を一般に イ という。気体 D は通常、高压ポンベに詰めて保存されるが、ランタン-ニッケル合金などを用いて吸収させる研究も進められている。これらを ウ 合金とよぶ。

気体 E は、エ 色の気体である。工業的には オ 法により、電気分解を利用して水酸化ナトリウム水溶液とともに製造される。

設問(1): 文中の空欄 ア ~ オ にあてはまる最も適切な語句を答えよ。

設問(2): 下線①について、電流を流した時間[秒]を有効数字 2 桁で求めよ。

設問(3): 下線②について、E 極、F 極から発生する気体 E、気体 F の分子式を答えよ。

設問(4)：下線②について，気体 C が発生する化学反応を電子 e^- を含むイオン反応式で記せ。

設問(5)：下線②について，発生した気体 D の 0°C ， $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ での体積 [L] を有効数字 2 桁で答えよ。

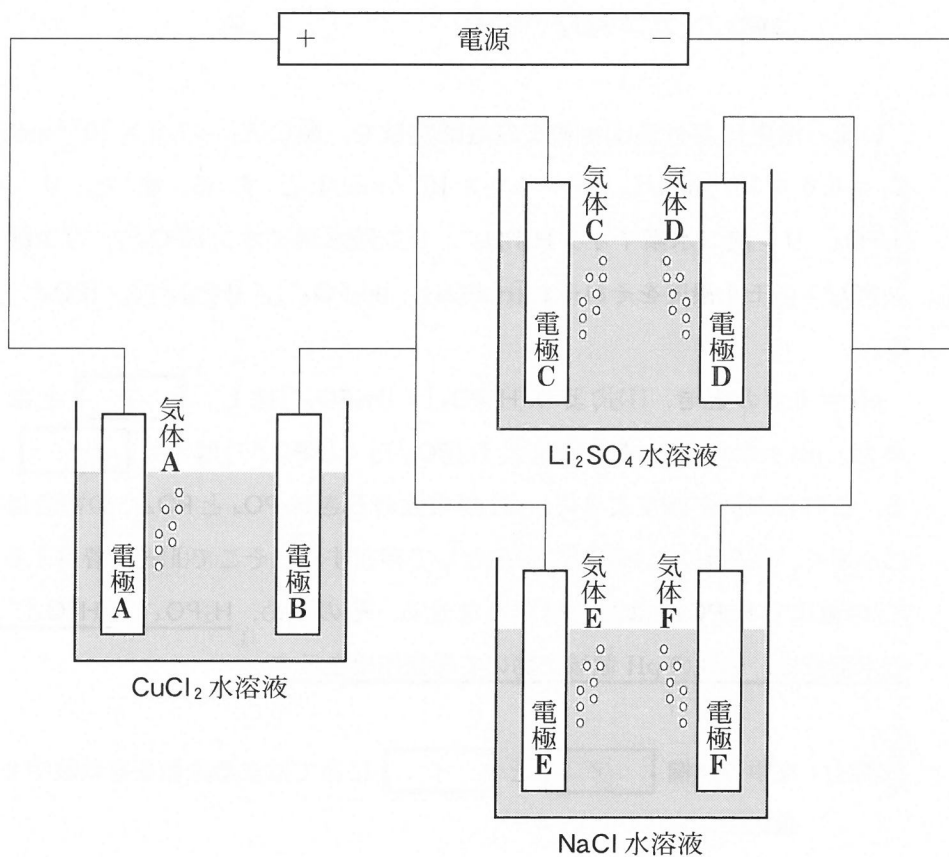
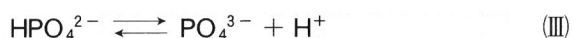
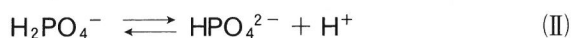
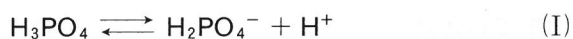


図 1

(次頁に続く)

問 2 次の文章を読んで、設問(1)、(2)に答えよ。

リン酸 H_3PO_4 は、(I)～(III)式に示すように段階的に電離する。



いま、水中における(I)～(III)式の電離定数を、順に $K_1 = 7.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$, $K_2 = 6.0 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$, $K_3 = 4.0 \times 10^{-13} \text{ mol/L}$ とする。また、リン酸 H_3PO_4 , リン酸二水素イオン H_2PO_4^- , リン酸水素イオン HPO_4^{2-} , リン酸イオン PO_4^{3-} のモル濃度をそれぞれ $[\text{H}_3\text{PO}_4]$, $[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$, $[\text{HPO}_4^{2-}]$, $[\text{PO}_4^{3-}]$ とする。

pH = 6.0 のとき、(I)式より $[\text{H}_3\text{PO}_4] : [\text{H}_2\text{PO}_4^-]$ は 1 : ア となる。
また、pH = 8.0 のとき、(III)式より $[\text{PO}_4^{3-}] : [\text{HPO}_4^{2-}]$ は 1 : イ となる。
これらの例が示すように、pH が中性のとき H_3PO_4 と PO_4^{3-} の割合は非常に小さく、 H_2PO_4^- と HPO_4^{2-} が主として存在する。そこで(II)式に着目すると、 K_2 の値より H_2PO_4^- は弱い酸とみなせる。そのため、 H_2PO_4^- と HPO_4^{2-} を含む水溶液は、中性の pH 領域において緩衝作用を示す。^①

設問(1)：文中の空欄 ア と イ にあてはまる数値を有効数字 2 桁で求めよ。

設問(2)：下線①について、 H_2PO_4^- と HPO_4^{2-} を含む pH = 7.0 の水溶液に、少量の塩酸、あるいは少量の水酸化ナトリウム水溶液を加えたとき、緩衝作用が働くことを示す最も適切なイオン反応式をそれぞれ示せ。

草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)

化学 問題Ⅳ

次の文章を読んで、設問(1)～(6)に答えよ。

分子式 $C_8H_{10}O$ で表される三つの芳香族化合物 **A**, **B**, **C** がある。化合物 **A** と化合物 **B** をそれぞれ過マンガン酸カリウム水溶液とともに長時間加熱したところ、化合物 **A** からは化合物 **D**, 化合物 **B** からはジカルボン酸である化合物 **E** が得られた。化合物 **D** にメタノールと濃硫酸を作用させるとサリチル酸メチルが得られ、化合物 **E** を熱すると無水フタル酸が得られた。化合物 **C** にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液①を加えて温めると、黄色沈殿が生じるとともに化合物 **F** が得られた。

化合物 **A**, **C**, **F** の混合物に水を加えてジエチルエーテルで抽出したところ、水層からは ア が得られた。残ったエーテル溶液に十分量の水酸化ナトリウム水溶液を加えて再び抽出するとエーテル層から イ が得られた。さらに、塩酸を加えてこの水酸化ナトリウム水溶液を酸性にしたところ、ウ が油状となって分離した。

設問(1): 分子式 $C_8H_{10}O$ をもつ芳香族化合物のうちヒドロキシ基をもつものは何種類あるか答えよ。ただし、鏡像異性体(光学異性体)は区別して数えない。

設問(2): 設問(1)の化合物のうち不斉炭素原子をもつものは何種類あるか答えよ。

設問(3): 設問(1)の化合物のうち塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると呈色反応を示すものは何種類あるか答えよ。

設問(4): 化合物 **A**～**F** の構造式を図 1 にならってそれぞれ記せ。

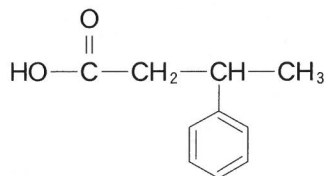


図 1

設問(5)：下線①の反応の名前を記せ。

設問(6)： ア ～ ウ にあてはまる最も適切なものを化合物 **A**, **C**, **F** のなかから選び記号で答えよ。

化学 問題V

次の文章を読んで、設問(1)～(7)に答えよ。

タンパク質、糖類、脂質は三大栄養素とよばれる。タンパク質は、約 20 種類の α -アミノ酸から構成される。このうち ア 以外の α -アミノ酸は、不斉炭素原子をもつ。水溶液中のアミノ酸は、その pH に応じて異なるイオン状態で存在する。糖類は炭素原子、水素原子、酸素原子から構成され一般式 $C_mH_{2n}O_n$ で表される。糖類のうち、それ以上加水分解できないものを単糖類という。また、2 個の単糖類が脱水縮合したものを二糖類という。脂質のうち、油脂はグリセリンと高級脂肪酸からなるエステルである。脂肪酸には、炭化水素基が単結合のみからなる イ 脂肪酸と、二重結合を含む ウ 脂肪酸がある。

設問(1)：文中の空欄 ア ～ ウ にあてはまる最も適切な語句を記せ。

設問(2)：図 1 に L 型アラニンの構造を示す。図 1 の構造 **a** ～ **d** の中で、鏡像異性体である D 型アラニンの構造を示すものすべてを記号で示せ。ただし、太い線で表された結合は紙面の手前側、破線で表された結合は紙面の奥側にあることを示す。

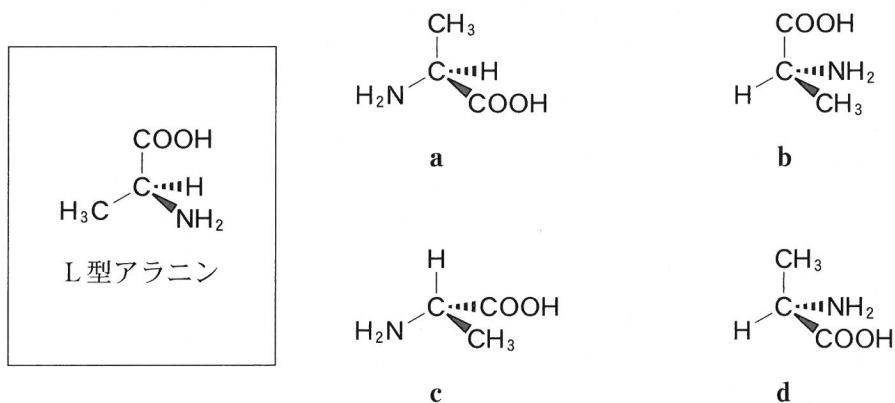
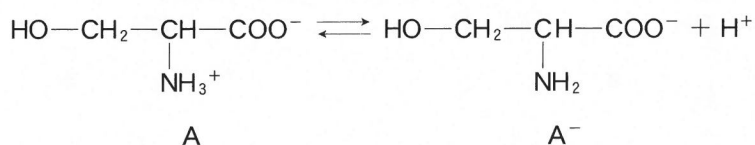
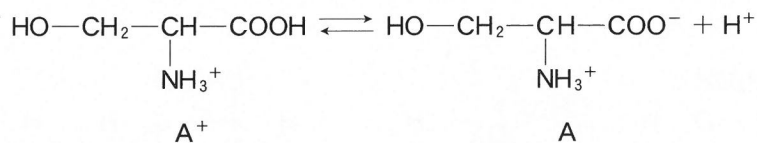


図 1

設問(3)：アミノ酸の水溶液では、陽イオン(A^+)、双性イオン(A)、陰イオン(A^-)が平衡状態にあり、これらの平衡混合物の電荷が全体として0となるときのpHを等電点という。以下に、セリンの電離平衡の式と、その電離定数を示す。これらの値からセリンの等電点を有効数字2桁で求めよ。



$$K_1 = \frac{[A][\text{H}^+]}{[A^+]} = 1.0 \times 10^{-2.2} \text{ mol/L}$$

$$K_2 = \frac{[A^-][\text{H}^+]}{[A]} = 1.0 \times 10^{-9.2} \text{ mol/L}$$

(次頁に続く)

設問(4)：図2のa～fに示す二糖類の中で、 α -1,4-グリコシド結合をもつものすべてを記号で示せ。

設問(5)：図2のa～fに示す二糖類の中で、還元性を示さないものすべてを記号で示せ。

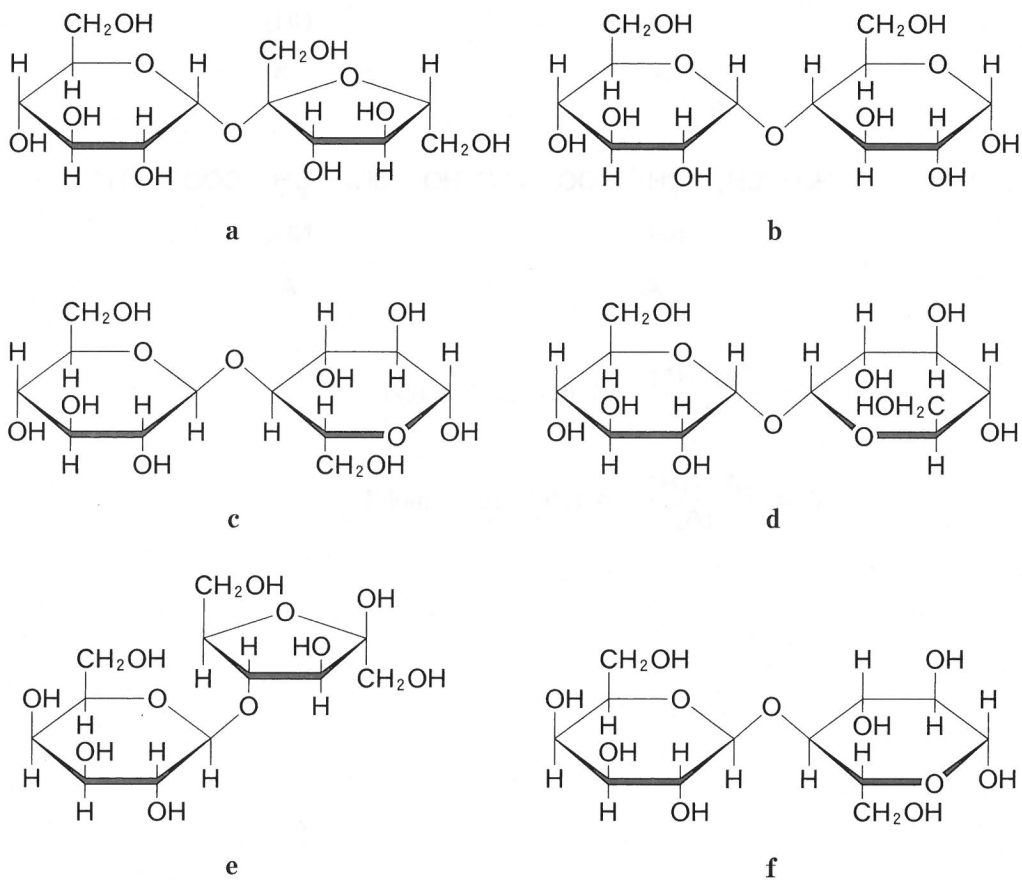


図2

設問(6)：単糖の一つであるグルコースは酵母の働きにより，エタノールと二酸化炭素に変換される。酵母によるアルコール発酵により 92 g のエタノールを得た。すべてのグルコースが反応に使われたとして，発酵原料であるグルコースの重量を有効数字 2 桁で求めよ。また，アルコール発酵の反応式を示せ。

設問(7)：ある油脂 **A** (分子式 $\text{C}_{57}\text{H}_{108}\text{O}_6$) を水酸化ナトリウム水溶液中で加水分解し，塩酸を加えて酸性にしたところ，グリセリンおよび同じ炭素数をもつ高級脂肪酸 **B**，**C** が得られた。生成した高級脂肪酸 **B**，**C** の物質質量比は 1 : 2 であった。これらの高級脂肪酸を過マンガン酸カリウム酸性溶液中で加熱したところ，高級脂肪酸 **B** のみが反応し，新たに化合物 **D** およびジカルボン酸 **E** が得られた。化合物 **D** の分子量は 158 であった。高級脂肪酸 **C** とジカルボン酸 **E** の構造式を図 3 にならって示せ。なお，高級脂肪酸 **B**，**C** は枝分かれ構造をもたないものとする。

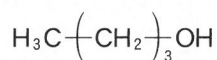


図 3

草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)