帝京大学

2025 年度　一般選抜　化学

化学①

（2 科目　120 分）

1 以下の各問いに答えなさい。

問 1　次の (ア)〜(オ) の記述について，正しいものの組み合わせを，以下の①〜⓪から一つ選びなさい。ただし，該当するものがない場合には⑥をマークしなさい。 **1**

(ア) 圧力や温度を変化させても平衡定数は変化しない。

(イ) 圧力を低くすると気体分子の総数が減少する方向に平衡が移動する。

(ウ) 触媒を加えると発熱反応の方向に平衡は移動する。

(エ) 温度を高くすると吸熱反応の方向に平衡は移動する。

(オ) 平衡に関係する物質を加えるとその物質が減少する方向に平衡が移動する。

① ア・イ　② ア・ウ　③ ア・エ　④ ア・オ　⑤ イ・ウ
⑥ イ・エ　⑦ イ・オ　⑧ ウ・エ　⑨ ウ・オ　⓪ エ・オ

問 2　次のうち，正しいものを以下の①〜⑤から一つ選びなさい。ただし，該当するものがない場合には⑥をマークしなさい。 **2**

① ボルタ電池の電池式は $(-)\ \mathrm{Cu}\,|\,\mathrm{H_2SO_4\,aq}\,|\,\mathrm{Zn}\ (+)$ で表される。

② 電気分解の陽極においては還元反応が起こる。

③ 燃料電池の正極では水素が酸化される反応が起こる。

④ 電解液に異なる金属を浸した電池において，イオン化傾向が小さい金属が負極である。

⑤ 金属をイオン化傾向の小さなものから順に並べた列を金属のイオン化列という。

問 3　ある金属結晶中の原子を球と仮定し，原子同士が接しているとする。単位格子の一辺の長さを a，原子半径を r として，以下の各問いに答えなさい。

(a)　面心立方格子では [あ] r^2 = [い] a^2 の関係が成り立つ。[あ]:[い] の比を最も簡単な整数比で記述解答用紙に記入しなさい。

(b)　体心立方格子では [う] r^2 = [え] a^2 の関係が成り立つ。[う]:[え] の比を最も簡単な整数比で記述解答用紙に記入しなさい。

問 4　水素分子，塩素分子，塩化水素分子の結合エネルギーはそれぞれ，$\Delta H = 436\,\mathrm{kJ/mol}$，$243\,\mathrm{kJ/mol}$，$432\,\mathrm{kJ/mol}$ である。また，水素原子のイオン化エネルギー（水素原子から電子を 1 個奪うときに必要なエネルギー）はイオン化エンタルピーといい，$\Delta H = 1312\,\mathrm{kJ/mol}$ である。一方，水素原子と塩素原子の電子親和力（水素と塩素が 1 個の電子を取り込むときに生じるエネルギー）は電子付着エンタルピーといい，それぞれ，$\Delta H = -73\,\mathrm{kJ/mol}$，$-349\,\mathrm{kJ/mol}$ である。すなわち，水素原子のイオン化エネルギーと塩素原子の電子親和力は，それぞれ次式で表すことができる。

$\mathrm{H} \rightarrow \mathrm{H^+} + \mathrm{e^-}$　$\Delta H = 1312\,\mathrm{kJ}$　水素原子のイオン化エネルギー（イオン化エンタルピー）

$\mathrm{H} + \mathrm{e^-} \rightarrow \mathrm{H^-}$　$\Delta H = -73\,\mathrm{kJ}$　水素原子の電子親和力（電子付着エンタルピー）

$\mathrm{Cl} + \mathrm{e^-} \rightarrow \mathrm{Cl^-}$　$\Delta H = -349\,\mathrm{kJ}$ 塩素原子の電子親和力（電子付着エンタルピー）

このとき，以下の (a)〜(e) の各問いに答えなさい。

解答の例

答えが $2\,\mathrm{kJ/mol}$ のとき

$\Delta H =$ 符号：[3]＝⊕，　値：[4]＝⓪，[5]＝⓪，[6]＝⓪，[7]＝②

答えが $-20\,\mathrm{kJ/mol}$ のとき

$\Delta H =$ 符号：[3]＝⊖，　値：[4]＝⓪，[5]＝⓪，[6]＝②，[7]＝⓪

答えが $202\,\mathrm{kJ/mol}$ のとき

$\Delta H =$ 符号：[3]＝⊕，　値：[4]＝⓪，[5]＝②，[6]＝⓪，[7]＝②

答えが $-2025\,\mathrm{kJ/mol}$ のとき

$\Delta H =$ 符号：[3]＝⊖，　値：[4]＝②，[5]＝⓪，[6]＝②，[7]＝⑤

(a)　次の式における反応エンタルピー ΔH を必要であれば小数点第 1 位を四捨五入して整数値で求め，解答の例にならってマークシートに答えなさい。

式）$\mathrm{H_2}$（気）＋$\mathrm{Cl_2}$（気）→ 2HCl（気）

エンタルピー変化

$\Delta H =$ 符号：[3]　値：[4][5][6][7] kJ

(b)　次の式におけるエンタルピー変化を，必要であれば小数点第 1 位を四捨五入して整数値で求め，解答の例にならってマークシートに答えなさい。

式）$\mathrm{H^+} + 2\mathrm{e^-} \rightarrow \mathrm{H^-}$

エンタルピー変化

$\Delta H =$ 符号：[8]　値：[9][10][11][12] kJ

(c) 次の式におけるエンタルピー変化を，必要であれば小数点第 1 位を四捨五入して整数値で求め，解答の例にならってマークシートに答えなさい。

式）$H^+ + H^- \rightarrow H_2$（気）

エンタルピー変化

ΔH = 符号：[13]　値：[14][15][16][17] kJ

(d) 次の式におけるエンタルピー変化を，必要であれば小数点第 1 位を四捨五入して整数値で求め，解答の例にならってマークシートに答えなさい。

式）Cl_2（気）$+ 2e^- \rightarrow 2Cl^-$

エンタルピー変化

ΔH = 符号：[18]　値：[19][20][21][22] kJ

(e) 次の式におけるエンタルピー変化を，必要であれば小数点第 1 位を四捨五入して整数値で求め，解答の例にならってマークシートに答えなさい。

式）$H^+ + Cl^- \rightarrow HCl$（気）

エンタルピー変化

ΔH = 符号：[23]　値：[24][25][26][27] kJ

2

問 1　次の各問い (a)〜(f) に答えなさい。

(a) 次の化合物の中で最も融点の低い化合物を次の①〜⑧から一つ選びなさい。[1]

① メタノール　② エタノール　③ 1-プロパノール
④ 1-ブタノール　⑤ 1-ペンタノール　⑥ 1-ドデカノール
⑦ エチレングリコール　⑧ グリセリン

(b) 次の化合物の中で最も沸点の高い化合物を次の①〜⑦から一つ選びなさい。[2]

① 1-ブタノール　② 2-ブタノール
③ 2-メチル-1-プロパノール　④ 2-メチル-2-プロパノール
⑤ ジメチルエーテル　⑥ エチルメチルエーテル
⑦ ジエチルエーテル

(c) 次の (ア)〜(キ) のうち，中性ではなく酸や塩基の性質をもつものの組み合わせを以下の

㊉〜ⓐから一つ選びなさい。ただし，正しい組み合わせが㊉〜ⓐの中にない場合はⓑを選びなさい。 **3**

(ア) アセトン　(イ) アニリン　(ウ) 酢酸エチル
(エ) ジエチルエーテル　(オ) ニトロベンゼン　(カ) フェノール
(キ) メタノール

㊉ (ア)・(ウ)　㊀ (イ)・(エ)　① (ウ)・(オ)
② (エ)・(カ)　③ (オ)・(キ)　④ (ア)・(オ)
⑤ (イ)・(カ)　⑥ (ウ)・(キ)　⑦ (ア)・(ウ)・(オ)
⑧ (イ)・(エ)・(カ)　⑨ (ウ)・(オ)・(キ)　⓪ (ア)・(エ)・(キ)
ⓐ (イ)・(オ)・(カ)

(d) 次の (ア)〜(ケ) のうち，異性体の関係にある組み合わせを以下の㊉〜ⓐから一つ選びなさい。ただし，正しい組み合わせが㊉〜ⓐの中にない場合はⓑを選びなさい。 **4**

(ア) アセトン　(イ) アセトアルデヒド
(ウ) イソブタン　(エ) エタノール
(オ) エチレングリコール　(カ) グリセリン
(キ) 酢酸エチル　(ク) ジメチルエーテル
(ケ) *t*-ブチルアルコール

㊉ (ア)・(ウ)　㊀ (イ)・(エ)　① (ウ)・(オ)
② (エ)・(カ)　③ (オ)・(キ)　④ (カ)・(ク)
⑤ (キ)・(ケ)　⑥ (ア)・(オ)　⑦ (イ)・(カ)
⑧ (ウ)・(キ)　⑨ (エ)・(ク)　⓪ (オ)・(ケ)
ⓐ (カ)・(ケ)

(e) エタノールからジエチルエーテルを合成する反応を次の㊉〜⓪から一つ選びなさい。ただし，㊉〜⓪の反応ではエタノールからジエチルエーテルを合成できない場合はⓑを選びなさい。 **5**

㊉ 付加重合させる。
㊀ 混酸を加えて反応させる。
① 赤熱した鉄に触れさせる。
② ソーダ石灰を加えて加熱する。
③ スズと濃塩酸を加えて反応させる。

④ 炭酸塩や炭酸水素塩と反応させる。

⑤ リン酸を触媒として水を付加させる。

⑥ 濃硫酸とともに 130〜140 ℃ で加熱する。

⑦ 濃硫酸とともに 160〜170 ℃ で加熱する。

⑧ 白金や銅を触媒として空気中で酸化させる。

⑨ 過マンガン酸カリウム水溶液と反応させる。

⓪ ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を反応させる。

(f) 酢酸ナトリウムからメタンを合成する反応を次の⊕〜⓪から一つ選びなさい。ただし，⊕〜⓪の反応では酢酸ナトリウムからメタンを合成できない場合はⓑを選びなさい。 **6**

⊕ 付加重合させる。

⊖ 混酸を反応させる。

① 赤熱した鉄に触れさせる。

② ソーダ石灰を加えて加熱する。

③ スズと濃塩酸を加えて反応させる。

④ 炭酸塩や炭酸水素塩と反応させる。

⑤ リン酸を触媒として水を付加させる。

⑥ 濃硫酸とともに 130〜140 ℃ で加熱する。

⑦ 濃硫酸とともに 160〜170 ℃ で加熱する。

⑧ 白金や銅を触媒として空気中で酸化させる。

⑨ 過マンガン酸カリウム水溶液と反応させる。

⓪ ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を反応させる。

問 2 次の文章を読んで，以下の各問い (a)〜(b) に答えなさい。

分子式 $C_nH_{2n+2}O$ の化合物 A を 3.70 g はかりとり，十分量のナトリウムを反応させたところ，0 ℃，1.013×10^5 Pa における体積に換算すると 560 mL の水素が発生した。この化合物 A について以下の (a)，(b) に答えなさい。ただし，0 ℃，1.013×10^5 Pa におけるモル体積は 22.4 L/mol，H = 1.00，C = 12.0，O = 16.0，Na = 23.0 とする。

(a) 化合物 A の分子式 $C_nH_{2n+2}O$ の n にあてはまる数値を次の①〜⑨から一つ選びなさい。ただし，$n = 1$ のときには省略せずに①を選びなさい。 **7**

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5

⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9

(b) 化合物 A として考えられる物質は全部でいくつあるか，次の①〜⓪から一つ選びなさい。

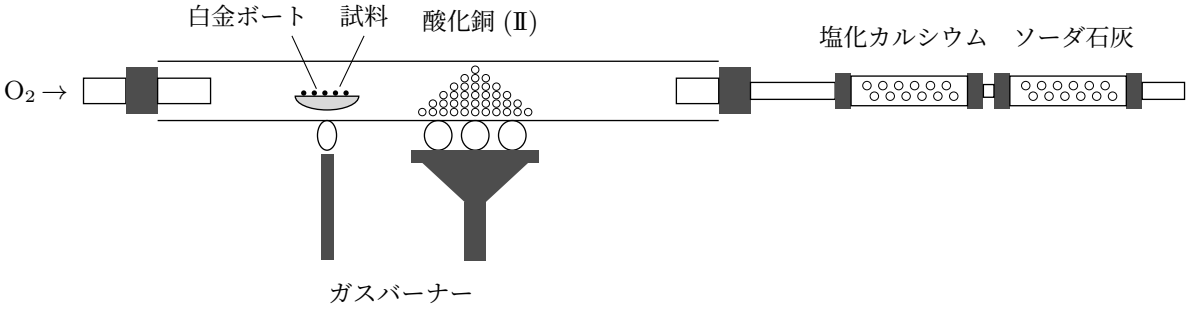
8

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5

⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9　⓪ 10

問 3　次の (I)〜(V) の文章を読んで，以下の各問い (a)〜(d) に答えなさい。ただし，H = 1.008，C = 12.01，N = 14.01，O = 16.00 とする。

(I)　炭素，水素，窒素，酸素を含む化合物 A（分子量 250 以下）を，下図の白金ボートに 100.0 mg 入れ完全燃焼させた。その結果，塩化カルシウム管の質量が 59.58 mg，ソーダ石灰管の質量が 260.6 mg それぞれ増加した。また，窒素分析装置を用いて，同量の化合物 A を完全燃焼させ試料中の窒素分をすべて窒素ガスに変化させた結果，0 ℃，1.013×10^5 Pa における体積に換算すると 8.290 mL の窒素ガスが発生した。



(Ⅱ)　化合物 A を水酸化ナトリウム水溶液中で十分な時間加熱をしてから，常温になるまで冷ました反応溶液を分液ろうとに移し，エーテルを加えてよく振り混ぜた後，エーテル層 (i) と水層 (ii) に分離した。

(Ⅲ)　エーテル層 (i) からエーテルのみを蒸発させて除去すると芳香族化合物 B が得られた。

(IV)　水層 (ii) に塩酸を加え反応させると化合物 C が生成した。

(V)　化合物 B を硫酸酸性の $K_2Cr_2O_7$ 水溶液中で反応させると水に不溶の化合物 D を生じた。

(a) 化合物 A の分子式の **9** 〜 **12** にあてはまる数値を次の①〜⑨から一つずつ選びなさい。ただし，同じものを何度選んでもよい。また，例にならって原子の数が一つのときも省略せずに①を選びなさい。

【例】 答えが $C_2H_5NO_2$ のときは，

$C_2H_5N_1O_2$ として，9＝②，10＝⑤，11＝①，12＝②

C **9** H **10** N **11** O **12**

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5

⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9

(b)　化合物 A の名称を記述解答用紙に記入しなさい。

(c)　化合物 C の性質に関する文章 (ア)〜(エ) のうち，正しい文章あるいは正しい文章の組み合わせを以下の⊕〜ⓑから一つ選びなさい。**13**

(ア) ヨードホルム反応を示す。

(イ) フェーリング液を還元する。

(ウ) 空気に触れるとすみやかに酸化される。

(エ) 炭酸水素ナトリウムと反応して気体を発生する。

⊕ (ア)　⊖ (イ)　① (ウ)

② (エ)　③ (ア)・(イ)　④ (ア)・(ウ)

⑤ (ア)・(エ)　⑥ (イ)・(ウ)　⑦ (イ)・(エ)

⑧ (ウ)・(エ)　⑨ (ア)・(イ)・(ウ)　⓪ (ア)・(ウ)・(エ)

ⓐ (イ)・(ウ)・(エ)　ⓑ (ア)・(イ)・(ウ)・(エ)

(d)　次の①〜⑧から，化合物 D の色として最適なものを一つ選びなさい。**14**

① 白色　② 黄色　③ 黄白色　④ 橙色　⑤ 緑白色

⑥ 青色　⑦ 青白色　⑧ 黒色

3 次の各問いに答えなさい。

問 1　次の (ア)〜(キ) の物質の毒性，危険性，取り扱い方法，保存方法などについての説明として最適なものを，以下の①〜⑦から一つずつ選びなさい。ただし，同じものを何度選んでも良い。また，該当するものがない場合はⓑをマークしなさい。

(ア) 水酸化ナトリウム **1**　　(イ) 金属ナトリウム **2**

(ウ) フッ化水素酸 **3**　　(エ) ピクリン酸 **4**

(オ) 黄リン **5**　　(カ) 臭化銀 **6**

(キ) 臭素 **7**

① 潮解性があり，水溶液は強い塩基性を示す。皮膚や粘膜を腐食するので，水溶液が顔や目にかからないよう注意する。皮膚についたらすぐに水洗する。

② 医薬用外毒物に指定されている。ガラスの主成分である二酸化ケイ素を溶かすので，ガラスの容器に保存してはいけない。ポリエチレン容器で保存する。

③ 黄色の結晶で，分子中にニトロ基が複数個あり，衝撃や加熱で爆発しやすい。少量に分けて冷暗所に保存する。

④ 水との接触で爆発を起すので，危険である。水や空気との接触を避けるために，灯油中に保存する。

⑤ 非常に毒性が強い。空気中で徐々に酸化されて発熱し，やがて自然発火する。水中に保存する。

⑥ 常温で赤褐色の液体であり，常温で刺激臭のある有毒な蒸気を発生する。

⑦ 感光性があるため，写真フィルムの感光剤に利用されている。褐色びんで保存する。

問 2　次の各問いに答えなさい。

(ア) 次の①〜⑧のうち，下線をつけた原子の酸化数が最も大きいものを一つ選びなさい。ただし，該当するものが 2 つ以上ある場合はⓑをマークしなさい。 **8**

① $\underline{S}O_2$　② $\underline{Mg}O$　③ $\underline{Si}O_2$

④ $\underline{C}O_2$　⑤ $\underline{N}O_2$　⑥ $\underline{Al}_2O_3$

⑦ $\underline{P}_4O_{10}$　⑧ $\underline{Zn}O$

(イ) 次の①〜⑧のうち，塩基性酸化物を一つ選びなさい。ただし，該当するものがない場合はⓑをマークしなさい。 **9**

① SO_2　② MgO　③ SiO_2

④ CO_2　⑤ NO_2　⑥ Al_2O_3

⑦ P_4O_{10}　⑧ ZnO

(ウ) 次の①～⑧の中の両性酸化物のうち，下線をつけた原子の酸化数が最も大きいものを一つ選びなさい。ただし，該当するものが 2 つ以上ある場合はⓑをマークしなさい。 **10**

① $\underline{S}O_2$　② $Mg\underline{O}$　③ $\underline{Si}O_2$

④ $\underline{C}O_2$　⑤ $\underline{N}O_2$　⑥ $\underline{Al}_2O_3$

⑦ $\underline{P}_4O_{10}$　⑧ $\underline{Zn}O$

(エ) (ウ) で答えた **10** の化合物が塩酸と反応して生成する物質として最適なものを次の①～⑧から一つ選びなさい。ただし，該当するものがない場合はⓑをマークしなさい。 **11**

① $MgCl_2$　② NaCl　③ H_2SiO_3

④ H_2CO_3　⑤ HNO_3　⑥ HNO_2

⑦ $AlCl_3$　⑧ $ZnCl_2$

問 3　次の (ア)～(カ) の反応について，原料から生成物を得る最適な操作を以下の①～⑥から一つずつ選びなさい。ただし，同じものを何度選んでも良い。

(ア) 原料の塩化ナトリウムから生成物の炭酸水素ナトリウムを得る。 **12**

(イ) 原料の炭酸水素ナトリウムから生成物の塩化ナトリウムを得る。 **13**

(ウ) 原料の金属ナトリウムから生成物の水酸化ナトリウムを得る。 **14**

(エ) 原料の塩化ナトリウムから生成物の金属ナトリウムを得る。 **15**

(オ) 原料の炭酸水素ナトリウムから生成物の炭酸ナトリウムを得る。 **16**

(カ) 原料の水酸化ナトリウムから生成物の炭酸ナトリウムを得る。 **17**

① 原料の飽和水溶液にアンモニアと二酸化炭素を吹き込む。

② 原料の水溶液に炭酸ガスを通じる。

③ 原料の固体を高温で融解させ電気分解する。

④ 原料を少量ずつ水に加える。

⑤ 原料の固体を空気中で加熱する。

⑥ 原料の水溶液に塩酸を加える。

問 4　次の文を読み，以下の問いに答えなさい。

硫酸酸性の 1.00 mol/L のヨウ化カリウム水溶液 600 mL に，濃度不明の過酸化水素水 H_2O_2

400 mL を加え，指示薬としてデンプンを加えたところ，水溶液の色が [あ] 色となった。そこで，1.00 mol/L のチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定したところ，100 mL 加えたときに，水溶液の [あ] 色が消え，無色となった。過酸化水素水の濃度は，0.400 mol/L 未満であることがわかっている。また，チオ硫酸イオンの半反応式は，次の式のとおりである。

$2\,S_2O_3^{2-} \longrightarrow S_4O_6^{2-} + 2\,e^-$

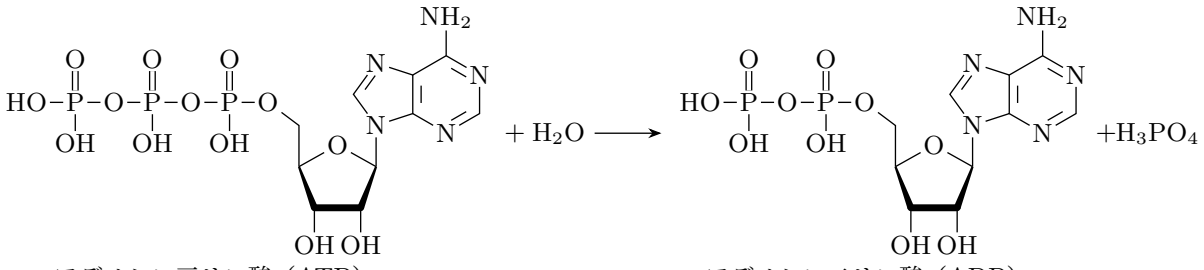
(ア) 次の①～⑧から，[あ] にあてはまる最適な色を一つ選びなさい。 **18**

① 白　② 黄　③ 橙
④ 淡桃　⑤ 赤　⑥ 緑白
⑦ 青紫　⑧ 黒

(イ) 過酸化水素水の濃度を，必要ならば四捨五入して，有効数字 3 桁の指数表記（$a \times 10^n$；$1 \leqq a < 10$）で記述解答用紙に記入しなさい。ただし，n は整数とし，$n = 0$ のときは，指数表記を用いずに答えること。

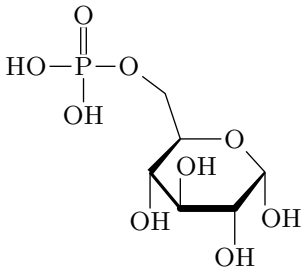
4 次の文を読んで，以下の各問いに答えなさい。なお，図中のリン酸部分は電離していない状態を表記している。

アデノシン三リン酸（ATP）はヌクレオチドの 1 つで，次に示すように(a)リン酸エステル結合の加水分解によりアデノシン二リン酸（ADP）とリン酸へと変化する。



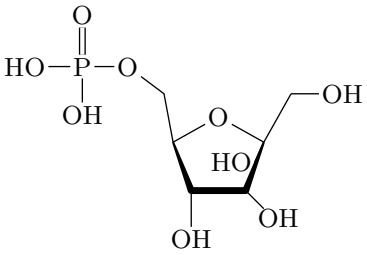
アデノシン三リン酸（ATP）　　アデノシン二リン酸（ADP）

生体内でのグルコースの分解では，最初にグルコースと ATP が反応して，ADP と次に示すグルコース-6-リン酸が生成する。この化学反応では，酵素のはたらきによって加水分解が起こらない条件で進行する。

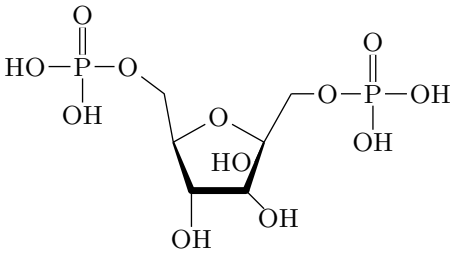


グルコース-6-リン酸

グルコース-6-リン酸は別の酵素のはたらき(b)によって次に示すフルクトース-6-リン酸に変化し，さらに別の酵素のはたらきによってグルコースと同様に ATP と反応して，次に示すフルクトース-1,6-ビスリン酸が生成する。

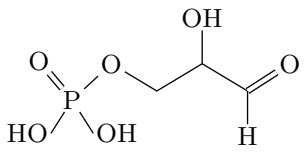


フルクトース-6-リン酸



フルクトース-1,6-ビスリン酸

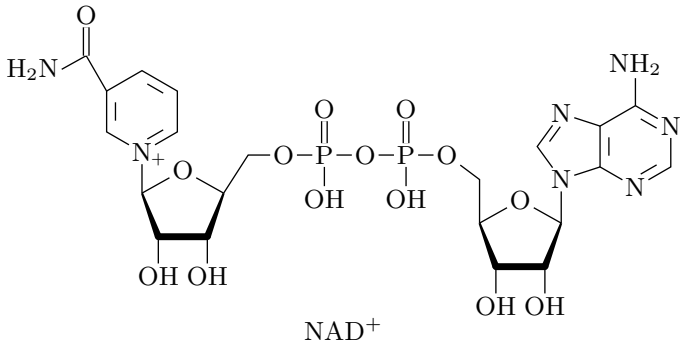
フルクトース-1,6-ビスリン酸は，2 種類の酵素のはたらきによって次に示すグリセルアルデヒド-3-リン酸へと分解される。この分解反応では 1 分子のフルクトース-1,6-ビスリン酸に対して，2 分子のグリセルアルデヒド-3-リン酸が生成する。



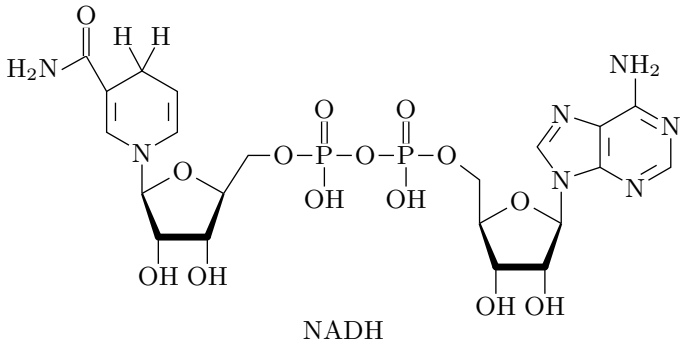
グリセルアルデヒド-3-リン酸

グリセルアルデヒド-3-リン酸は，酵素と次に示すニコチンアミドアデニンジヌクレオチド(c)のはたらきによって酸化される。ニコチンアミドアデニンジヌクレオチドは，次に示すように片方のリボースに結合した塩基が正の電荷をもつ状態（NAD^+）と，その塩基に水素原子が結合した電気的に中性の状

態（NADH）の 2 つの状態をとり，物質の酸化と還元のどちらにも関与する。

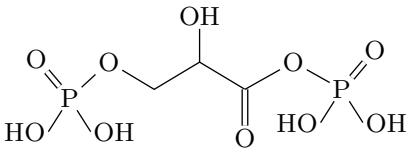


NAD^+



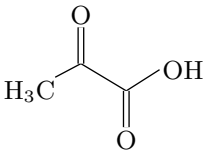
NADH

この化学反応には，グリセルアルデヒド-3-リン酸とニコチンアミドアデニンジヌクレオチドの他にリン酸も反応物として関与し，次に示す 1,3-ビスホスホグリセリン酸が生成する。



1,3-ビスホスホグリセリン酸

1,3-ビスホスホグリセリン酸にはリン酸部分が 2 ヶ所含まれている。この 2 ヶ所のリン酸部分は，複数の酵素のはたらきによってどちらも ADP と反応し，最終的に次に示す(d)ピルビン酸と ATP が生成する。



ピルビン酸

生成したピルビン酸はニコチンアミドアデニンジヌクレオチドおよび水素イオンと反応して，乳酸 $CH_3CH(OH)COOH$ が生成する。

問 1　文中の下線部 (a) について，ATP が ADP とリン酸に加水分解される反応は，エンタルピーが減少し，エントロピーは増加する。この反応を説明する記述として最適なものを次の①～④から一つ選びなさい。 **1**

① ATP が加水分解される反応が自発的に進行する。

② ADP とリン酸から ATP と水が生成する反応が自発的に進行する。

③ 反応開始時点から化学平衡の状態にあるため，見かけ上反応は進行しない。

④ エンタルピーとエントロピーのどちらの効果が大きいか不明であるため，反応の方向は予想できない。

問 2　文中の下線部 (b) の酵素のはたらきを説明する記述として最適なものを次の①～⑥から一つ選びなさい。 **2**

① 基質を酸化した化合物を主生成物として与える。

② 基質を還元した化合物を主生成物として与える。

③ 基質を加水分解した化合物を主生成物として与える。

④ 基質を脱水した化合物を主生成物として与える。

⑤ 基質の立体異性体を主生成物として与える。

⑥ 基質の構造異性体を主生成物として与える。

問 3　文中の下線部 (c) について，酸化還元反応におけるニコチンアミドアデニンジヌクレオチドの半反応式を，NAD^+，NADH，H^+，e^- を用いて記述解答用紙に記入しなさい。ただし，半反応式は次の例にならって記述すること。

例 1：リンゴ酸（$C_4H_6O_5$）からオキサロ酢酸（$C_4H_4O_5$）を生成する反応式

$C_4H_6O_5 + NAD^+ \longrightarrow C_4H_4O_5 + NADH + H^+$

例 2：銅が酸化されるときの半反応式

$Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2\,e^-$

問 4　文中の下線部 (d) について，アルコール発酵では，酵素のはたらきによってピルビン酸から生成したアセトアルデヒドを，さらに別の酵素のはたらきで還元することでエタノールが生成される。このピルビン酸からアセトアルデヒドを生成する反応において，ピルビン酸から遊離する分子として最適なものを次の①～⑧から一つ選びなさい。ただし，この反応では反応物がピルビン酸で，生成物がアセトアルデヒドと遊離する分子であるとすること。 **3**

① 水　② 水素　③ 一酸化炭素　④ 二酸化炭素
⑤ 酸素　⑥ メタン　⑦ メタノール　⑧ ギ酸

問 5　文に記載されているグルコースから乳酸が生成される反応が全て進行したとき，反応前と比べて生成あるいは消費された分子についての以下の (ア)～(ク) の記述について，正しいものには①，誤っているものには⓪を，それぞれマークシートに答えなさい。

(ア) ATP が生成されている。 **4**
(イ) ATP が消費されている。 **5**
(ウ) ADP が生成されている。 **6**
(エ) ADP が消費されている。 **7**
(オ) NAD^+ が生成されている。 **8**
(カ) NAD^+ が消費されている。 **9**
(キ) NADH が生成されている。 **10**
(ク) NADH が消費されている。 **11**

化学②

（2 科目　120 分）

1 以下の各問いに答えなさい。

問 1　鉄の［あ］として ^{56}Fe だけを含み，酸素の［あ］として ^{16}O と ^{18}O だけを含む特殊な酸化鉄 (Ⅲ) の粉末がある。質量数 = 相対質量とする場合，この酸化鉄 (Ⅲ) 65.5 mg を Fe まで完全に還元したところ，質量が 20.7 mg 減少した。この酸化鉄 (Ⅲ) に含まれる ^{16}O と ^{18}O の物質量の比は，

^{16}O の物質量 : ^{18}O の物質量 = [1].[2][3] : 1 である。ただし，鉄の平均の原子量を Fe = 56.0 とする。

(a)　［あ］にあてはまる語句として最適なものを，漢字 3 文字で記述解答用紙に記入しなさい。

(b)　小数点第 3 位を四捨五入し，[1]，[2]，[3] にあてはまる数値として最適なものを，次の①〜⓪から一つずつ選びなさい。ただし，同じものを何度選んでもよく，答えが 10 以上または 0.01 未満となる場合は [1]，[2]，[3] すべてに㊀をマークしなさい。

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5
⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9　⓪ 0

問 2　温度と容積を変えることができる密閉容器に水だけを入れて，次の 1〜4 の操作を行った。ただし，水蒸気は理想気体としてふるまい，凝縮した水の体積は無視できるものとする。また，水の蒸気圧は，360 K において 6.21×10^4 Pa であり，温度が下がると 1 K あたり 2.00×10^3 Pa 低下するものとする。

操作 1. 容器の温度を 360 K，圧力を 5.76×10^4 Pa にすることによって，容器内の水をすべて水蒸気とした。この状態を A とする。

操作 2. 状態 A から，温度を一定に保ちながら容積を減らすことによって，状態 A で水蒸気となっていた水の 25.0 % を凝縮させた。この状態を B とする。

操作 3. 状態 A から，圧力が一定に保たれるように温度を調節しながら，容積を減らすことによって，状態 A で水蒸気となっていた水の 25.0 % を凝縮させた。この状態を C とする。

操作 4. 状態 A から，容積を一定に保ちながら温度を下げることによって，状態 A で水蒸気と

なっていた水の 25.0 % を凝縮させた。この状態を D とする。

(a) 状態 A の容積は状態 B の容積の **4** . **5** **6** 倍である。

小数点第 3 位を四捨五入し，**4**，**5**，**6** にあてはまる数値として最適なものを，次の①〜⓪から一つずつ選びなさい。ただし，同じものを何度選んでもよく，答えが 10 以上または 0.01 未満となる場合は **4**，**5**，**6** すべてに－をマークしなさい。

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5
⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9　⓪ 0

(b) 状態 C の温度は状態 A の温度より **7** . **8** K 低い。

小数点第 2 位を四捨五入し，**7**，**8** にあてはまる数値として最適なものを，次の①〜⓪から一つずつ選びなさい。ただし，同じものを何度選んでもよく，答えが 10 以上または 0.1 未満となる場合は **7**，**8** すべてに－をマークしなさい。

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5
⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9　⓪ 0

(c) 状態 C の容積は状態 B の容積の **9** . **10** **11** 倍である。

小数点第 3 位を四捨五入し，**9**，**10**，**11** にあてはまる数値として最適なものを，次の①〜⓪から一つずつ選びなさい。ただし，同じものを何度選んでもよく，答えが 10 以上または 0.01 未満となる場合は **9**，**10**，**11** すべてに－をマークしなさい。

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5
⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9　⓪ 0

(d) 状態 D の温度は状態 A の温度より い K 低い。

小数点第 1 位を四捨五入し，い にあてはまる数値を記述解答用紙に記入しなさい。

(e) 次の **12** 〜 **14** の記述のうち，正しいものは①を，誤っているものは⓪をマークシートに答えなさい。

12 . 操作 2〜4 のうち，水が凝縮し始めてからの操作の過程で，温度が一定のものは操作 2 だけである。

13 . 操作 2〜4 のうち，水が凝縮し始めてからの操作の過程で，水蒸気の密度が変化し

たものは操作 4 だけである。

14．状態 C は状態 D と比べて，水蒸気の密度が小さい。

2 以下の各問いに答えなさい。

問 1　ヨードホルム反応陽性を示すものを次の①～⑤から一つ選びなさい。**1**

① ジエチルエーテル　② 2-メチル-1-プロパノール　③ 2-メチル-2-プロパノール
④ 1-ブタノール　⑤ 2-ブタノール

問 2　塩化鉄 (Ⅲ) の水溶液と反応して赤紫色に呈色するものを次の①～⑤から一つ選びなさい。**2**

① アントラセン　② クメン　③ サリチル酸メチル　④ ベンゼン
⑤ ベンジルアルコール

問 3　アンモニア性硝酸銀水溶液を加えても銀の析出を起こさないものを次の①～⑤から一つ選びなさい。**3**

① テレフタル酸　② ビニルアルコール　③ フルクトース　④ ベンズアルデヒド
⑤ マルトース

問 4　1 価のカルボン酸を次の①～⑤から一つ選びなさい。**4**

① アクリル酸　② アジピン酸　③ 酒石酸　④ シュウ酸　⑤ マレイン酸

問 5　ステアリン酸，パルミチン酸，リノール酸を物質量比 2.00 : 3.00 : 5.00 で含む油脂がある。この油脂の平均分子量を求めたところ **5** **6** **7**．**8** であった。

文中の空欄 **5**，**6**，**7**，**8** に入る数字を解答の例にならって，①～⓪から一つずつ選びなさい。ただし，数字は同じものを何度選んでもよく，必要であれば四捨五入して小数点第一位まで求めなさい。また，原子量は H = 1.00，C = 12.0，O = 16.0 とする。

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5
⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9　⓪ 0

解答の例

答えが 2.5 のとき　**5** = ⓪，**6** = ⓪，**7** = ②，**8** = ⑤
答えが 12.5 のとき　**5** = ⓪，**6** = ①，**7** = ②，**8** = ⑤
答えが 202.0 のとき　**5** = ②，**6** = ⓪，**7** = ②，**8** = ⓪

問 6　次の文章を読んで以下の各問いに答えなさい。

ある炭化水素 10.0 mg を完全に燃焼させたところ，二酸化炭素が 30.8 mg，水が 14.4 mg 生成した。この炭化水素の分析をおこなったところ，燃焼実験から考えられる組成のうち，もっとも分子量が小さい化合物であることがわかった。この化合物の分子式を以下のように表す。

分子式　$C_{\boxed{9}\boxed{10}}H_{\boxed{11}\boxed{12}}$

(a)　分子式の空欄 **9**，**10**，**11**，**12** に入る数字を解答の例にならって，①〜⓪から一つずつ選びなさい。ただし，数字は同じものを何度選んでもよく，答えの十の位に数値をもたない場合には **9**，**11** に⓪を選びなさい。また，原子量は H = 1.00，C = 12.0，O = 16.0 とする。

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5
⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9　⓪ 0

解答の例

答えが CH_4 のとき　**9** = ⓪，**10** = ①，**11** = ⓪，**12** = ④

答えが $C_{12}H_{23}$ のとき **9** = ①，**10** = ②，**11** = ②，**12** = ③

(b)　この炭化水素の構造異性体の数を次の①〜ⓐのうちから一つ選びなさい。ただし，構造異性体を持たない場合には①をマークしなさい。**13**

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5　⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8
⑨ 9　⓪ 10　ⓐ 11

問 7　*o*-クレゾールのベンゼン環の二個の水素を塩素に置換した化合物において理論的に可能な異性体の数を次の①〜ⓐから一つ選びなさい。ただし，構造異性体を持たない場合には①をマークしなさい。**14**

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5　⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8
⑨ 9　⓪ 10　ⓐ 11

問 8　次の文章を読んで以下の問いに答えなさい。

古代ギリシャの時代から柳の樹皮には鎮痛作用があることが知られており，医学の父と呼ばれるヒポクラテスはこれらを治療に用いていたと言われている。この柳の樹皮に含まれている成分（図 1）を加水分解すると化合物 A とグルコースが生成する。この化合物 A を硫酸酸性下で過マンガン酸カリウムと反応させると化合物 B が得られる。化合物 B は工業的にはナトリウムフェノキシドを高温・高圧下で二酸化炭素と反応させ，これに希硫酸を作用させて合成

している。この化合物 B には食欲不振，腹痛などの副作用があったため，同様の薬理作用をもち，副作用の少ない化合物が必要であった。その後，化合物 B に無水酢酸と少量の濃硫酸を作用させると，化合物 C が得られ，この化合物においては，副作用が軽減されることがわかった。この化合物 C は世界で初めて合成された医薬品として知られている。

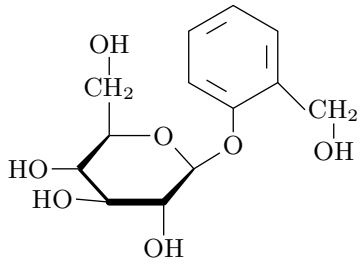


図 1　柳の樹皮に含まれている成分

同様に比較的長い歴史を有する薬がある。ニトロベンゼンにスズと濃塩酸を加えて還元し，水酸化ナトリウムを加えることによって化合物 D が得られる。この化合物 D に無水酢酸を作用させると，解熱鎮痛作用をもつ化合物 E が得られる。しかしながら，化合物 E は副作用がかなり強く，メトヘモグロビン血症を引き起こすことがわかり，このような副作用がない薬が模索された。その後，化合物 E の誘導体として副作用の少ない化合物 F が商品化された。この化合物 F は化合物 E のパラ位にヒドロキシ基をもつ化合物である。

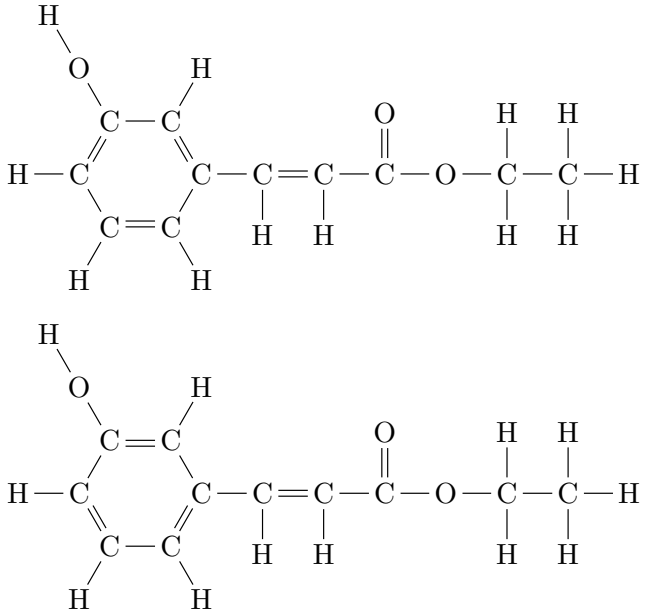
(a)　化合物 A，C，F の構造式を次の書き方のルールに従い以下の例にならって記述解答用紙に記入しなさい。

書き方のルール

・すべての原子を省略せずに書く。

・ベンゼン環の二重結合の書き方に関しては，下図 2 通りのどちらでも構わない。

例



3 次の文を読み，以下の各問いに答えなさい。

遷移元素は元素の周期表の 3〜12 族の元素 * で，元素全体のおよそ 6 割を占め，すべて金属元素である。遷移元素は次のような特徴をもっている。典型元素とは異なり，原子番号が増加しても最外殻電子数がほぼ一定であり，同族元素だけでなく，周期表上で横に並んだ元素どうしの性質も似ている場合が多い。単体は一般に典型元素の金属に比べて原子半径が小さく金属結合が強いので，融点や沸点が高く，硬く，密度が大きいものが多い(1)。イオン化するときには，最外殻電子だけでなく内殻電子の一部も失われることがあり，複数の酸化数をとりやすい。したがって同一の元素でも(2)，いろいろな酸化数をとるものが多く，酸化数が大きい原子を含む化合物は，強い酸化作用をもつことが多い。また，イオンや化合物は有色のものが多く(3)，錯イオン(4)となるものもある。

金属に他の金属や非金属を溶かしこんだものを合金という。合金はもとの金属にない優れた性質をもつため，金属単体で用いるよりも合金にして利用することも多い。遷移元素は様々な合金の成分や触媒として重要である(5)。

*12 族元素は，遷移元素に含める場合と含めない場合があるが，本問では 12 族元素を含めて考えるものとする。

問 1　下線部 (1) について，以下の (a)，(b) の各問いに答えなさい。

(a) ある金属 X の単体は面心立方格子の結晶構造をとる。金属 X の単位格子の体積を $V\,(\mathrm{cm}^3)$，金属 X の原子量を M，アボガドロ定数を N としたとき，V，M，N を用いて金属 X の密度 $d\,(\mathrm{g/cm}^3)$ をあらわす式として最適なものを次の①〜⓪から一つ選びなさい。 **1**

① $\dfrac{2}{VMN}$　② $\dfrac{2M}{VN}$　③ $\dfrac{2N}{VM}$　④ $\dfrac{VN}{2M}$　⑤ $\dfrac{VM}{2N}$

⑥ $\dfrac{4}{VMN}$　⑦ $\dfrac{4M}{VN}$　⑧ $\dfrac{4N}{VM}$　⑨ $\dfrac{VN}{4M}$　⓪ $\dfrac{VM}{4N}$

(b) 金属 X の体積 V を $4.72 \times 10^{-23}\,(\mathrm{cm}^3)$ としたときの密度 $d\,(\mathrm{g/cm}^3)$ はいくつになるか。ただし，金属 X の原子量 $M = 63.5$，アボガドロ定数 $N = 6.02 \times 10^{23}$ とし，数値は指数表記（$\mathrm{a} \times 10^{\mathrm{n}}$）で表さず，必要ならば四捨五入して，有効数字 3 桁で記述解答用紙に記入しなさい。

問 2　下線部 (2) について，硫酸酸性下で次の化合物 (i)，(ii) の水溶液が強い酸化剤として働いたとき，金属元素の酸化数はそれぞれいくつ減少するか，以下の①〜⑨から一つずつ選びなさい。

(i)　過マンガン酸カリウム：マンガンの酸化数が **2** 減少する。

(ii)　二クロム酸カリウム：クロムの酸化数が **3** 減少する。

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5

⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9

問 3　下線部 (3) について，次のイオン (i)，(ii) の硫酸塩水溶液の色として最適なものを次の①〜⑨からそれぞれ一つずつ選びなさい。ただし，同じものを何度選んでも良い。

(i)　Co^{2+} **4**

(ii)　Ni^{2+} **5**

① 赤色　② 青色　③ 黄色　④ 緑色　⑤ 紫色

⑥ 橙赤色　⑦ 黄褐色　⑧ 灰色　⑨ 無色

問 4　下線部 (3) に関する次の文について，以下の (a)，(b) の各問いに答えなさい。

第 4 周期の遷移元素では最外殻の電子が 1 個または 2 個である。それらのイオンや化合物では内側の電子殻（内殻）が電子で満たされていないものが多く，可視光の吸収が起こり色が見られる。しかしながら，第 4 周期の遷移元素の 2 価イオンである **6** は，無色である。これは M 殻に **7** 個の電子をもち，M 殻が電子で満たされているからである。

(a)　文中の空欄 **6** にあてはまる最適なイオンを次の①〜⑥から一つ選びなさい。

① Mn^{2+}　② Ni^{2+}　③ Fe^{2+}　④ Zn^{2+}　⑤ Co^{2+}　⑥ Cu^{2+}

(b)　文中の空欄 **7** にあてはまる最適な数値を次の①～⓪から一つ選びなさい。

① 2　② 8　③ 10　④ 11　⑤ 13
⑥ 14　⑦ 15　⑧ 16　⑨ 18　⓪ 20

問 5　下線部 (3) に関する次の文について，以下の (a)，(b) の各問いに答えなさい。

天然顔料であるべんがらは主成分として [う] からなり，建材染料として利用され，特徴的な色を活かした街並みが保存されている。また，鉄 (Ⅲ) イオンを含む水溶液にヘキサシアニド鉄 (Ⅱ) 酸カリウム水溶液を加えると生じる沈殿は **8** とよばれ，世界初の人工顔料として現在でも絵画等に広く使われている。

(a)　文中の空欄 [う] にあてはまる最適な化合物の化学式を記述解答用紙に記入しなさい。

(b)　文中の空欄 **8** にあてはまる最適な語句を次の①～⑨から一つ選びなさい。

① 緑青　② 鉛丹　③ セッコウ　④ 朱　⑤ アルミナ
⑥ 亜鉛華　⑦ 紺青　⑧ ブリキ　⑨ しっくい

問 6　下線部 (4) について，次の (ア)～(ウ) の記述のうち正しいものの組み合わせを以下の①～⑧から一つ選びなさい。 **9**

(ア) テトラアンミン銅 (Ⅱ) イオンとテトラアンミン亜鉛 (Ⅱ) イオンはいずれも無色の錯イオンである。

(イ) 2 種類の配位子を同数もつ配位数 4 の錯イオンは，正四面体形，正方形ともに二種類の異性体が存在する。

(ウ) 2 種類の配位子をもつ配位数 6，正八面体形の錯イオンは，配位子数の比が 1 : 1，1 : 2 のいずれの場合でも 2 種類の異性体が存在する。

① アのみ　② イのみ　③ ウのみ　④ アとイ　⑤ アとウ
⑥ イとウ　⑦ アとイとウ　⑧ なし

問 7　下線部 (5) に関する次の文中の空欄 **10**，**11** にあてはまる最適な元素を以下の①～⑨からそれぞれ一つずつ選びなさい。ただし，同じものを何度選んでも良い。

銅と **10** の合金である黄銅は真ちゅうともよばれ，美しく，丈夫でさびにくくて加工性がよいので，金管楽器や硬貨として利用されている。 **11** とニッケルの合金は，強度や耐食性に優れ，変形しても加熱や冷却によって元の形に戻るため，形状記憶合金としてメガネや自転車のフレームとして利用されている。

① Sn　② Zn　③ Cr　④ Al　⑤ Mg

⑥ Mn　⑦ Ag　⑧ Ti　⑨ Ni

4 以下の各問いに答えなさい。

問 1　次の各問いに答えなさい。

(A) 以下の①～⑦の高分子について，次の各問いに答えなさい。

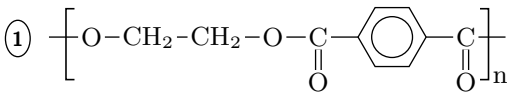
(ア) テレフタル酸とエチレングリコールの縮合重合によって合成されるものを①～⑦から一つ選びなさい。 **1**

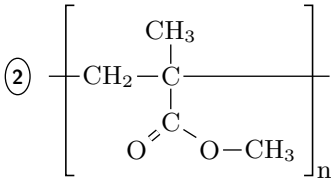
(イ) 吸水性高分子であり，紙おむつなどに用いられるものとして最適なものを①～⑦から一つ選びなさい。 **2**

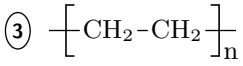
(ウ) 羊毛に似た肌触りをもち，衣料・毛布・敷物などに用いられる材料の主成分として最適なものを①～⑦から一つ選びなさい。 **3**

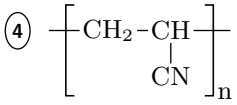
(エ) 透明性と高耐久性を兼ね備え，水族館の水槽，あるいは眼内レンズなどに用いられるものとして最適なものを①～⑦から一つ選びなさい。 **4**

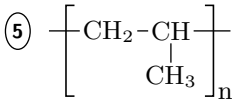
(オ) 生分解性高分子であり，体内で分解・吸収され抜糸の必要のない縫合糸の材料としても用いられるものとして最適なものを①～⑦から一つ選びなさい。 **5**

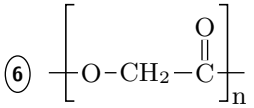
① 

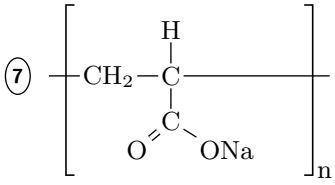
② 

③ 

④ 

⑤ 

⑥ 

⑦ 

(B) 次の各問いに答えなさい。答えは以下の①～⑨から選びなさい。

(カ) (ア) で選んだ高分子 **1** の名称を①～⑨から一つ選びなさい。 **6**

(キ) (イ) で選んだ高分子 **2** の名称を①～⑨から一つ選びなさい。 **7**

(ク) (ウ) で選んだ高分子 **3** の名称を①～⑨から一つ選びなさい。 **8**

(ケ) (エ) で選んだ高分子 **4** の名称を①～⑨から一つ選びなさい。 **9**

(コ) (オ) で選んだ高分子 **5** の名称を①～⑨から一つ選びなさい。 **10**

① ポリエチレンテレフタラート

② ポリアクリル酸ナトリウム

③ ポリメタクリル酸メチル

④ ポリアクリロニトリル

⑤ ポリグリコール酸

⑥ ポリプロピレン

⑦ ポリエチレン

⑧ ナイロン 66

⑨ ポリ乳酸

問 2　次の文を読み，以下の問いに答えなさい。

アミノ酸は，分子内にアミノ基と [あ] 基を持つ。一つのアミノ酸のアミノ基ともう一つのアミノ酸の [あ] 基が [い] すると，ペプチドが生じる。グリシン 1 分子，アラニン 2 分子，バリン 1 分子からなる直鎖状のペプチドには，[う] 種類の構造異性体が存在する。

(ア) 文中の空欄 [あ] にあてはまる語句として最適なものを，次の①～⑥から一つ選びなさい。 **11**

① カルボキシ　② ヒドロキシ　③ カルボニル

④ ホルミル　⑤ ニトロ　⑥ スルホ

(イ) 文中の空欄 [い] にあてはまる語句として最適なものを，次の①～④から一つ選びなさい。 **12**

① 開環重合　② 付加重合　③ 付加縮合　④ 脱水縮合

(ウ) 文中の空欄 [う] にあてはまる数値として最適なものを，次の①～⓫から一つ選びなさい。ただし，構造異性体がない場合は①を，構造異性体の数が 13 以上の場合は㊀をマークしなさい。 **13**

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5　⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8
⑨ 9　⓪ 10　ⓐ 11　ⓑ 12

問 3　アルコール発酵において，グルコースはエタノールと二酸化炭素に分解される。315 g のグルコースが，この酵素反応によって完全に分解されたとし，次の各問いに答えなさい。ただし，0 ℃，1.013×10^5 Pa における二酸化炭素 1 mol の体積を 22.4 L，C = 12.0，H = 1.00，O = 16.0 としなさい。

(ア) 生じたエタノールの質量は何 g か。必要であれば四捨五入して，指数表記（$a \times 10^n$）で表さず，有効数字 3 桁で，記述解答用紙に記入しなさい。

(イ) 生じた二酸化炭素の 0 ℃ 1.013×10^5 Pa における体積は何 L か。必要であれば四捨五入して，指数表記（$a \times 10^n$）で表さず，有効数字 3 桁で，記述解答用紙に記入しなさい。