帝京大学

2024 年度　一般選抜　化学

化学①

（2 科目　120 分）

1 次の文を読んで，以下の各問いに答えなさい。

ある触媒 A の存在下でエタノール C_2H_5OH とヘキサシアニド鉄（Ⅲ）酸イオン $[Fe(CN)_6]^{3-}$ が反応し，それぞれアセトアルデヒドと $[Fe(CN)_6]^{4-}$ になる。下に述べるように，生成した $[Fe(CN)_6]^{4-}$ を電解によりすべて $[Fe(CN)_6]^{3-}$ に酸化し，そのときの電気量から $[Fe(CN)_6]^{4-}$ の濃度を算出し，反応速度を求める実験を行った。

（方法）

0.100 mol/L 酢酸と 0.100 mol/L 酢酸ナトリウムを等量混ぜて作った緩衝液に，C_2H_5OH と $K_3[Fe(CN)_6]$ をそれぞれ 0.10 mol/L となるように溶かし，さらに触媒 A を加えて下線部の反応を開始させた。反応開始から一定時間ごとに反応溶液を 10.0 mL ずつ採取し，反応をすばやく停止させた。この 10.0 mL の溶液中の $[Fe(CN)_6]^{4-}$ を電解し，すべて酸化するのに要した電気量を測定した。また，触媒 A の濃度を変えて同様の実験を繰り返した。

（結果）

図 1 に反応開始時の触媒濃度 [A] が 1.0×10^{-7} mol/L のときの電気量と反応時間 t（min）の関係を示す。

図 1

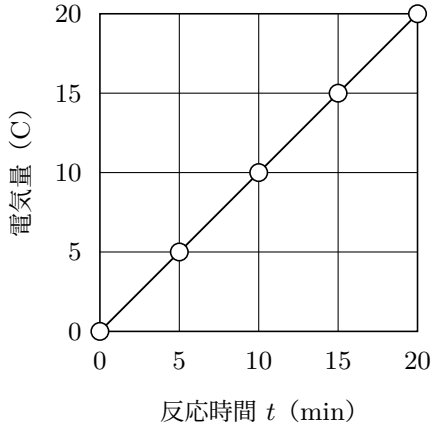
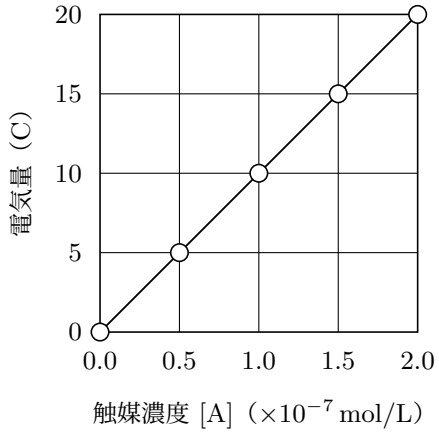


図 2 に反応時間 t を 10 min に固定したときの，電気量と触媒濃度 [A] の関係を示す。

図 2



問 1　次に示す下線部のイオン反応式について，

(1) [1] C_2H_5OH + [2] $[Fe(CN)_6]^{3-}$ + [あ]

→ [3] CH_3CHO + [4] $[Fe(CN)_6]^{4-}$ + [い]

(a) [1]，[2]，[3]，[4]にあてはまる係数として最適なものを，次の①～⑨から一つずつ選び，マークシートに答えなさい。ただし，同じものを何度選んでもよく，係数が 1 の場合は省略せずに①を選びなさい。

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5

⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9

(b) [あ]，[い]にあてはまる化学式またはイオン式として最適なものを，**記述解答用紙**の解答欄（　あ　）と（　い　）にそれぞれ係数と共に記入しなさい。ただし，該当するものがない場合には解答欄に × を記入しなさい。

問 2　反応速度 v を，単位時間あたりの C_2H_5OH 濃度の減少量とする。先に述べたように反応溶液 10.0 mL を用いた図 1 の結果から，触媒濃度 [A] $= 1.0 \times 10^{-7}$ mol/L での v の値は，有効数字 2 桁の指数表記（$a \times 10^n$；$1 \leqq a < 10$）で表すと次のように求められる。

$v =$ [5].[6] $\times 10^{[7][8]}$ mol/(L・min)

必要ならば四捨五入して，空欄[5]，[6]，[8]にあてはまる数値を次の①～⓪から一つずつ選び，[7]には⊕または⊖を選んで，マークシートに答えなさい。ただし，ファラデー定

数は $9.65 \times 10^4\,\mathrm{C/mol}$ とし，数値は同じものを何度選んでもよい。

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5

⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9　⑩ 0

問 3　次の各問い (a)，(b) に答えなさい。

(a) 図 1，2 の結果から，反応速度 v と C_2H_5OH 濃度 $[C_2H_5OH]$，$[Fe(CN)_6]^{3-}$ および触媒濃度 [A] の関係式を求め，正しいものを次の①〜⑤から一つ選び，マークシートに答えなさい。ただし，反応速度定数を k，$[Fe(CN)_6]^{3-}$ 濃度を $[Fe(CN)_6{}^{3-}]$ とする。 **9**

① $v = k\,[A]$　② $v = k\,[A]\,[C_2H_5OH]$

③ $v = k\,[A]\,[Fe(CN)_6{}^{3-}]$　④ $v = k\,[C_2H_5OH]\,[Fe(CN)_6{}^{3-}]$

⑤ $v = k\,[A]\,[C_2H_5OH]\,[Fe(CN)_6{}^{3-}]$

(b) この実験条件における k の値を求め，**記述解答用紙**の解答欄（　う　）に**単位とともに**答えなさい。ただし，数値は必要ならば四捨五入して，有効数字 2 桁の指数表記（$a \times 10^n$；$1 \leqq a < 10$）で答えなさい。

問 4　触媒濃度 $[A] = 1.0 \times 10^{-7}\,\mathrm{mol/L}$ のとき，次の (a) および (b) における反応液の水素イオン濃度を有効数字 2 桁の指数表記（$a \times 10^n$；$1 \leqq a < 10$）で答えなさい。必要ならば四捨五入して，空欄 **10** 〜 **15** にあてはまる数値を，次の①〜⑩から一つずつ選んでマークシートに答えなさい。ただし，酢酸の電離定数は $1.6 \times 10^{-5}\,\mathrm{mol/L}$ とし，数値は同じものを何度選んでもよい。

(a) 反応開始時 $t = 0\,\mathrm{min}$ の水素イオン濃度 $=$ **10** . **11** $\times\, 10^{-$ **12** $}\,\mathrm{mol/L}$

(b) 反応時間 $t = 20\,\mathrm{min}$ の水素イオン濃度 $=$ **13** . **14** $\times\, 10^{-$ **15** $}\,\mathrm{mol/L}$

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5

⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9　⑩ 0

2 問 1　次の各問い (a)〜(g) に答えなさい。

(a) ホスフィンの分子の形と液性の組み合わせで最適なものを次の①〜⑧から一つ選び，マークシートに答えなさい。ただし，該当するものがない場合は⓪を選びなさい。 **1**

① 折れ線形・弱酸性　② 折れ線形・強酸性　③ 折れ線形・弱塩基性
④ 折れ線形・強塩基性　⑤ 三角錐形・弱酸性　⑥ 三角錐形・強酸性
⑦ 三角錐形・弱塩基性　⑧ 三角錐形・強塩基性

(b) 次の (ア)〜(エ) のフッ化水素に関する記述のうち，正しいものの組み合わせを以下の①〜⑨から一つ選び，マークシートに答えなさい。ただし，該当するものがない場合は⓪を選びなさい。 **2**

(ア) 水溶液はフッ化水素酸とよばれ強酸である。
(イ) 工業的にはホタル石に濃硫酸を加えて加熱してつくる。
(ウ) 水溶液はガラスを溶かすためポリエチレンの瓶に保存する。
(エ) 第 5 周期までのハロゲン化水素化合物の中で最も沸点が低い。

① (ア)・(イ)　② (ア)・(ウ)　③ (ア)・(エ)
④ (イ)・(ウ)　⑤ (イ)・(エ)　⑥ (ウ)・(エ)
⑦ (ア)・(イ)・(ウ)　⑧ (ア)・(ウ)・(エ)
⑨ (イ)・(ウ)・(エ)

(c) 次の (ア)〜(エ) のオゾンに関する記述のうち，正しいものの組み合わせを以下の①〜⑨から一つ選び，マークシートに答えなさい。ただし，該当するものがない場合は⓪を選びなさい。 **3**

(ア) 酸素に比べ沸点が低い。
(イ) 酸素に比べ標準状態における密度が高い。
(ウ) 水で湿らせたヨウ化カリウムデンプン紙で検出できる。
(エ) 強い酸化作用を利用して空気の浄化などに用いられる。

① (ア)・(イ)　② (ア)・(ウ)　③ (ア)・(エ)
④ (イ)・(ウ)　⑤ (イ)・(エ)　⑥ (ウ)・(エ)
⑦ (ア)・(イ)・(ウ)　⑧ (ア)・(ウ)・(エ)
⑨ (イ)・(ウ)・(エ)

(d) 次の (ア)〜(エ) の二酸化硫黄の製法に関する記述のうち，正しいものの組み合わせを以下の①〜⑨から一つ選び，マークシートに答えなさい。ただし，該当するものがない場合は⓪を選びなさい。 **4**

(ア) 硫黄を燃焼させて発生させる。

(イ) 亜鉛に希硫酸を加えて発生させる。

(ウ) 硫化鉄に希硫酸を加えて発生させる。

(エ) 亜硫酸ナトリウムに希硫酸を加えて発生させる。

① (ア)・(イ)　② (ア)・(ウ)　③ (ア)・(エ)

④ (イ)・(ウ)　⑤ (イ)・(エ)　⑥ (ウ)・(エ)

⑦ (ア)・(イ)・(ウ)　⑧ (ア)・(ウ)・(エ)

⑨ (イ)・(ウ)・(エ)

(e) 次の (ア)〜(エ) の一酸化窒素に関する記述のうち，誤っているものの組み合わせを以下の①〜⑨から一つ選び，マークシートに答えなさい。ただし，該当するものがない場合は⓪を選びなさい。 **5**

(ア) 水に溶けやすい物質である。

(イ) 赤褐色の気体で特有の臭気がある。

(ウ) 空気に触れるとすみやかに酸化される。

(エ) 塩化アンモニウムと水酸化カルシウムを加熱すると発生する。

① (ア)・(イ)　② (ア)・(ウ)　③ (ア)・(エ)

④ (イ)・(ウ)　⑤ (イ)・(エ)　⑥ (ウ)・(エ)

⑦ (ア)・(イ)・(ウ)　⑧ (ア)・(ウ)・(エ)

⑨ (イ)・(ウ)・(エ)

(f) 次の (ア)〜(エ) の二酸化炭素の製法に関する記述のうち，正しいものの組み合わせを以下の①〜⑨から一つ選び，マークシートに答えなさい。ただし，該当するものがない場合は⓪を選びなさい。 **6**

(ア) 石灰石を強熱してつくる。

(イ) 赤熱したコークスに高温の水蒸気を送ってつくる。

(ウ) 炭酸カルシウムに希塩酸を反応させて発生させる。

(エ) ギ酸を濃硫酸とともに加熱し脱水すると得られる。

① (ア)・(イ)　② (ア)・(ウ)　③ (ア)・(エ)

④ (イ)・(ウ)　⑤ (イ)・(エ)　⑥ (ウ)・(エ)

⑦ (ア)・(イ)・(ウ)　⑧ (ア)・(ウ)・(エ)

⑨ (イ)・(ウ)・(エ)

(g) 次の (ア)〜(エ) の二酸化ケイ素に関する記述のうち，正しいものの組み合わせを以下の①〜⑨から一つ選び，マークシートに答えなさい。ただし，該当するものがない場合は⓪を選びなさい。

7

(ア) 水に溶けやすい物質である。

(イ) すべて共有結合で結びついた共有結合結晶である。

(ウ) 炭酸ナトリウムとともに加熱すると塩を生じる。

(エ) 高純度のものを融解し繊維状にしたものが光ファイバーである。

① (ア)・(イ)　② (ア)・(ウ)　③ (ア)・(エ)

④ (イ)・(ウ)　⑤ (イ)・(エ)　⑥ (ウ)・(エ)

⑦ (ア)・(イ)・(ウ)　⑧ (ア)・(ウ)・(エ)

⑨ (イ)・(ウ)・(エ)

問 2　次の文を読んで，以下の各問い (a)〜(c) に答えなさい。

7.95 g の銅がすべて熱濃硫酸（質量パーセント 98.0 %：密度 1.84 g/mL）と 100 % 反応した。ただし，原子量は H = 1.00，O = 16.0，S = 32.0，Cu = 63.6 とする。

(a) このとき要した熱濃硫酸の体積は何 mL か，四捨五入して，有効数字 3 桁で**記述解答用紙**に答えなさい。ただし，反応前後での温度変化はないものとする。

(b) この反応で発生した気体は何か，漢字で**記述解答用紙**に答えなさい。

(c) このとき発生した気体はすべて回収して測定できたとすると，その質量は四捨五入して小数点第 1 位までで表すと何 g となるか，**8**〜**10**にあてはまる数値を，次の①〜⓪から一つずつ選び，マークシートに答えなさい。ただし，同じものを何度選んでもよい。また，答えの十の位に数値をもたない場合には**8**に⓪を選びなさい。

8 **9** . **10** g

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5

⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9　⓪ 0

問 3　次の文を読んで，以下の各問い (a)〜(c) に答えなさい。

7.95 g の銅がすべて濃硝酸（質量パーセント 70.0 %：密度 1.41 g/mL）と 100 % 反応した。ただし，原子量は H = 1.00，N = 14.0，O = 16.0，Cu = 63.6 とする。

(a) このとき要した濃硝酸の体積は何 mL か，四捨五入して，有効数字 3 桁で**記述解答用紙**に答えなさい。ただし，反応前後での温度変化はないものとする。

(b) この反応で発生した気体は何か，漢字で**記述解答用紙**に答えなさい。

(c) このとき発生した気体はすべて回収して測定できたとすると，その質量は四捨五入して小数点第 1 位まで表すと何 g となるか，**11** ～ **13** にあてはまる数値を，次の①～⓪から一つずつ選び，マークシートに答えなさい。ただし，同じものを何度選んでもよい。また，答えの十の位に数値をもたない場合には **11** に⓪を選びなさい。

11 **12** . **13** g

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5

⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9　⓪ 0

3 次に示す反応 A～E および各反応で得られる化合物について以下の問いに答えなさい。

反応 A：エタノールに濃硫酸を加え，加熱（約 170 ℃）して反応させる。

反応 B：無水酢酸ナトリウムと水酸化ナトリウムを混合し，加熱して反応させる。

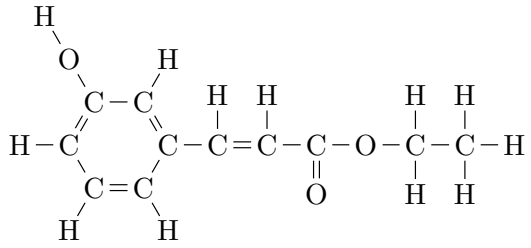
反応 C：ベンゼンに濃硫酸と濃硝酸の混合物を加え，加温（約 60 ℃）して反応させる。

反応 D：2-プロパノールに硫酸酸性の二クロム酸カリウムを加えて反応させる。

反応 E：アセチレンに硫化水銀（Ⅱ）を触媒として水を反応させる。

問 1　反応 A，反応 B，反応 D で得られる有機化合物の構造式を例にならって，それぞれ**記述解答用紙**に答えなさい。

例



問 2　各反応の名称を以下の①～⑧からそれぞれ一つずつ選び，マークシートに答えなさい。ただし，同じものを何度選んでもよい。また，該当するものがない場合は⓪を選びなさい。

反応 A の名称 **1**

反応 B の名称 **2**

反応 C の名称 **3**

反応 D の名称 **4**

反応 E の名称 **5**

① 酸化　② 還元　③ 付加　④ 置換

⑤ 脱水　⑥ 加水　⑦ 転移　⑧ 縮合

問 3　反応 B で得られる主成分に関する次の (ア)〜(エ) の記述で正しいものの組み合わせを以下の①〜⑧から一つ選び，マークシートに答えなさい。**6**

(ア) 光学異性体をもつ。

(イ) 独特の臭気を放つ。

(ウ) 水上置換で捕集できる。

(エ) 大きい極性をもつ。

① (ア) のみ　② (イ) のみ　③ (ウ) のみ

④ (エ) のみ　⑤ (ア)，(イ) のみ　⑥ (イ)，(エ) のみ

⑦ (イ)，(ウ) のみ　⑧ (ウ)，(エ) のみ

問 4　反応 C で得られる主成分をスズと塩酸で還元すると化合物 F が得られる。この化合物を希塩酸に溶解し，亜硝酸ナトリウムを加えると化合物 G が生成する。化合物 G にナトリウムフェノキシド水溶液を加えると化合物 H が得られた。化合物 H に関する次の (ア)〜(エ) の記述で正しいものの組み合わせを以下の①〜⑧から一つ選び，マークシートに答えなさい。**7**

(ア) 赤橙色である。

(イ) 分子内に窒素原子は存在しない。

(ウ) アルコール性ヒドロキシ基をもつ。

(エ) 染料として用いられている。

① (ア)，(イ) のみ　② (ア)，(ウ) のみ　③ (ア)，(エ) のみ

④ (イ)，(ウ) のみ　⑤ (イ)，(エ) のみ　⑥ (ウ)，(エ) のみ

⑦ (ア)，(イ)，(ウ) のみ　⑧ (イ)，(ウ)，(エ) のみ

問 5　反応 D と反応 E で得られる主成分それぞれに，ヨウ素と水酸化ナトリウムを加えて湯浴で加熱したときの様子に関して次の①〜⑧の記述で正しいものを一つ選び，マークシートに答えなさい。**8**

① 反応 D の主成分からは白色沈殿が生じ，反応 E の主成分からは黄色沈殿が生じた。

② 反応 D の主成分からも反応 E の主成分からも沈殿は生じなかった。

③　反応 D の主成分からも反応 E の主成分からも白色沈殿が生じた。

④　反応 D の主成分からは黄色沈殿が生じ，反応 E の主成分からは白色沈殿が生じた。

⑤　反応 D の主成分からは黄色沈殿が生じ，反応 E の主成分からは沈殿は生じなかった。

⑥　反応 D の主成分からは沈殿は生じなかったが，反応 E の主成分からは黄色沈殿が生じた。

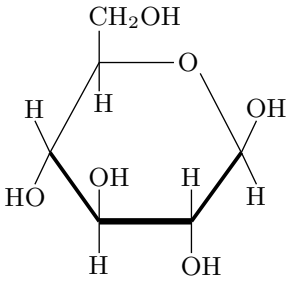
⑦　反応 D の主成分からも反応 E の主成分からも黄色沈殿が生じた。

⑧　反応 D の主成分からは沈殿は生じなかったが，反応 E の主成分からは白色沈殿が生じた。

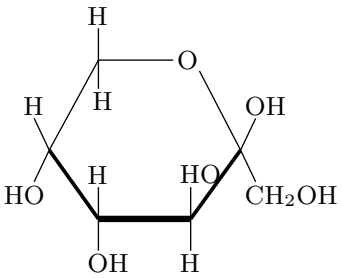
4 以下の各問いに答えなさい。ただし，水溶液の温度や pH は反応が十分に進行する条件を満たしているとすること。

問 1　ブドウ糖として知られるグルコースは，水溶液中では，主として以下に示す *β*-グルコースと，*β*-グルコースとは異なる環状構造の異性体と，鎖状構造の異性体による 3 種類の異性体の混合物になっている。これらの異性体のうち，*β*-グルコースとは異なる環状構造の異性体として正しい構造式を次の①～⑤の中から一つ選び，マークシートに答えなさい。 **1**

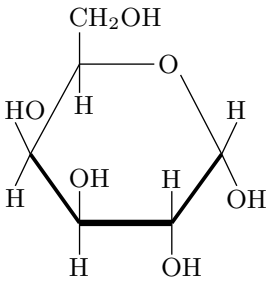
β-グルコース：



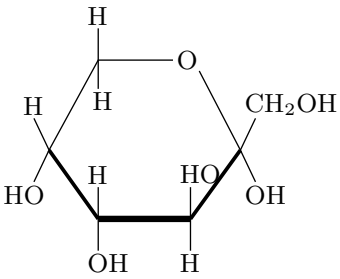
①



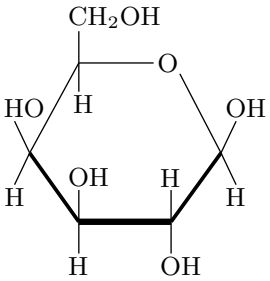
②



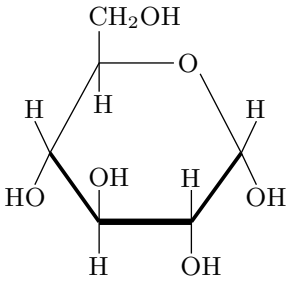
③



④

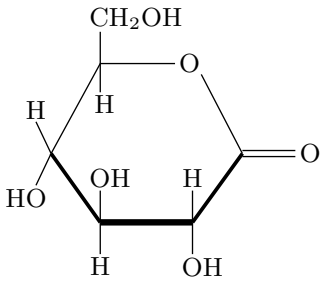


⑤



問 2　グルコースオキシダーゼは酵素の一つであり，水溶液中に存在する 3 つのグルコースの異性体のうち β-グルコースだけを次に示すグルコノラクトンへと変化させる。以下の (a)〜(c) に答えなさい。

グルコノラクトン：



(a) 酵素に関する記述として正しいものを次の①〜⑤から一つ選び，マークシートに答えなさい。

2

① トリプシンは強酸性の条件ではたらく。

② 酵素は変性しても機能を失わない。

③ マルトースとスクロースはどちらも分子式が $C_{12}H_{22}O_{11}$ であるが，インベルターゼはスクロースに対してのみ酵素としてはたらく。

④　アミラーゼはデンプンやセルロースを分解する。

⑤　酵素の活性中心とはタンパク質の内側に存在し，基質と相互作用しないが反応を支配している部分のことである。

(b) グルコースは水溶液中で約 62 % が β-グルコース，約 38 % が β-グルコースとは異なる環状構造の異性体として存在し，鎖状構造の異性体の割合は 1 % にも満たない。グルコース水溶液に適量のグルコースオキシダーゼ水溶液を加えて十分に反応を進行させる実験を行ったところ，水溶液中のすべてのグルコースが反応によって失われたことがわかった。この実験結果に関係するグルコースの性質として最も適切な記述を次の①〜⑤から一つ選び，マークシートに答えなさい。

3

①　グルコースは希硫酸を加えて加熱しても加水分解されない。

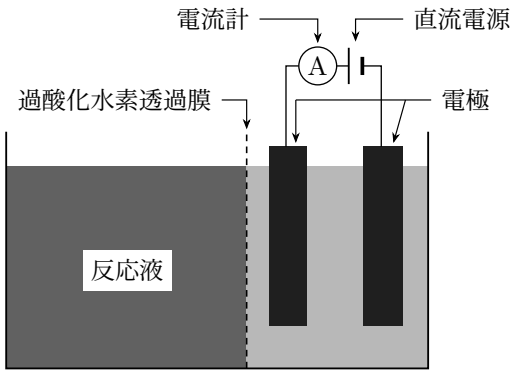
②　水溶液中でグルコースは 3 つの異性体の平衡状態にある。

③　グルコースの鎖状構造の異性体は還元性を示す。

④　グルコースの鎖状構造の異性体は，β-グルコースとは異なる環状構造の異性体に対して触媒としてはたらく。

⑤　β-グルコースと，β-グルコースとは異なる環状構造の異性体は，立体的な構造としてはどちらも「いす形」とよばれる折れ曲がった六角形の構造をしている。

(c) グルコースオキシダーゼのはたらきによって起きる反応では，β-グルコースと水溶液中に含まれる酸素が反応物であり，グルコノラクトンと過酸化水素が生成物である。この反応が十分に進行した反応液を以下の図に示す装置に入れたところ，陽極で過酸化水素が酸化され，陰極では水素イオンと酸素から水が生成し，これらの反応が十分に進行したことで $5.36 \times 10^{-3}\,\mathrm{C}$ の電気量が流れたことがわかった。このとき，反応液中で反応が進行する前に含まれていたグルコースは何 mg であるか，**記述解答用紙**に答えなさい。数値は必要があれば四捨五入して，有効数字 3 桁の指数表記（$\mathrm{a} \times 10^{\mathrm{n}}$；$1 \leqq \mathrm{a} < 10$）で答えること。ただし，グルコースの分子量は 180，ファラデー定数は $9.65 \times 10^{4}\,\mathrm{C/mol}$ を用いて，電極では上記の反応以外は起こらないとすること。また，図中の過酸化水素透過膜では反応液中の溶質のうち過酸化水素のみが透過し，膜の右側の領域は事前に水で満たされているとすること。



問 3　グルコノラクトンはエステル結合を含むため加水分解され，生成物としてグルコン酸が得られる。グルコン酸について説明する記述として正しいものを次の①～⑤から一つ選び，マークシートに答えなさい。 **4**

① 組成式は CH_2O である。

② 還元性を示す。

③ 不斉炭素原子を 5 つ含む。

④ 酸性の水溶液中でグルコノラクトンと平衡状態にある。

⑤ 水に溶かしても電離せずに存在する。

化学②

（2 科目　120 分）

1 以下の各問いに答えなさい。

問 1　標準状態において空気の体積組成を窒素 78.0 %，酸素 20.9 %，アルゴン 0.934 % としたとき，アルゴンの分圧 (Pa) を四捨五入して，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**に答えなさい。ただし，空気は理想気体とし，必要があれば以下の値を用いなさい。N = 14.0，O = 16.0，Ar = 40.0，気体定数を 8.31×10^3 Pa・L/(K・mol)，大気圧を 1.013×10^5 Pa とする。

問 2　メタンの燃焼熱は物質量当たり 891 kJ/mol である。標準状態で 10.0 L のメタンが完全燃焼するのに必要な酸素の体積は標準状態で何 L か**記述解答用紙**に答えなさい。また，そのときの発熱量は何 kJ かも**記述解答用紙**に答えなさい。ただし，メタンは理想気体とし，数値は指数表記（$a \times 10^n$）で表さず，必要ならば四捨五入して，有効数字 3 桁で答えなさい。

問 3　溶液の蒸留に使用する蒸留フラスコは丸底のものが用いられるがその理由として次の (ア)〜(オ) の記述で正しいものの組み合わせを以下の①〜⑨から一つ選び，マークシートに答えなさい。 **1**

(ア) 位置が安定して倒れにくい。

(イ) 突沸しにくい。

(ウ) 均一に加熱しやすい。

(エ) 残留物の除去が容易である。

(オ) 冷却効率が良い。

① (ア) のみ　② (イ) のみ　③ (ウ) のみ　④ (エ) のみ　⑤ (オ) のみ

⑥ (ア)，(エ) のみ　⑦ (イ)，(オ) のみ　⑧ (イ)，(ウ) のみ　⑨ (ウ)，(エ) のみ

問 4　合成したアセトアニリドの融点を測定したところ，文献値よりも 5 ℃ほど低く観測された。その理由として次の (ア)〜(オ) の記述で正しいものの組み合わせを以下の①〜⑨から一つ選び，マークシートに答えなさい。 **2**

(ア) 気温が低かったため

(イ) 気温が高かったため

(ウ) 気圧が高かったため

(エ) 加熱速度が遅かったため

(オ) 不純物を含んでいたため

① (ア) のみ　② (イ) のみ　③ (ウ) のみ　④ (エ) のみ　⑤ (オ) のみ

⑥ (ア), (エ) のみ　⑦ (イ), (オ) のみ　⑧ (ウ), (エ) のみ　⑨ (エ), (オ) のみ

問 5　実験器具について次の (ア)〜(オ) の記述で誤っているものの組み合わせを以下の①〜⑨から一つ選びなさい。 **3**

(ア) 炎色反応では白金製の金属線を用いる。

(イ) ふたまた試験管は液体試料と固体試料の反応でガスを発生させるときに用いることができる。

(ウ) 100 mL メスフラスコは 50.0 mL を正確にはかり取るためにも用いることができる。

(エ) 分液ろうとは再結晶法による物質の精製のために用いる。

(オ) 褐色ビュレットは過マンガン酸カリウム溶液を用いた酸化還元滴定で用いる。

① (ア), (イ) のみ　② (ア), (ウ) のみ　③ (ア), (オ) のみ　④ (イ), (ウ) のみ　⑤ (イ), (エ) のみ

⑥ (ウ), (エ) のみ　⑦ (ウ), (オ) のみ　⑧ (エ), (オ) のみ　⑨ (イ), (ウ), (エ) のみ

問 6　空気が酸素と窒素の化合物ではなく，混合物であることを確かめるための方法として次の (ア)〜(オ) の記述で適当なものの組み合わせを以下の①〜⑨から一つ選び，マークシートに答えなさい。 **4**

(ア) 空気を冷却し，液体空気にして分留する。

(イ) 空気の密度を測定する。

(ウ) 水酸化ナトリウム水溶液に空気を通じる。

(エ) 温度変化と体積変化の関係を調べる。

(オ) 金属マグネシウムを空気中で燃焼させ体積変化を測定する。

① (ア) のみ　② (イ) のみ　③ (ウ) のみ　④ (エ) のみ　⑤ (オ) のみ

⑥ (ア), (エ) のみ　⑦ (イ), (オ) のみ　⑧ (ウ), (エ) のみ　⑨ (エ), (オ) のみ

問 7　同素体に関する次の (ア)〜(オ) の記述で誤っているものの組み合わせを以下の①〜⑨から一つ選び，マークシートに答えなさい。 **5**

(ア) ダイヤモンドとグラファイトは，ともに天然に存在する同素体であるが結晶構造が異なっている。

(イ) シリカゲルと石英は同素体であるが結晶構造が異なっている。

(ウ) イオウには多くの同素体が存在するが，ゴム状イオウもその一つである。

(エ) 水と過酸化水素は同素体であるが，分子構造が異なっている。

(オ) フラーレンとグラフェンは同素体であるが分子構造が異なっている。

① (ア), (イ) のみ　② (ア), (ウ) のみ　③ (ア), (オ) のみ　④ (イ), (ウ) のみ　⑤ (イ), (エ) のみ

⑥ (ウ), (エ) のみ　⑦ (ウ), (オ) のみ　⑧ (エ), (オ) のみ　⑨ (イ), (ウ), (エ) のみ

問 8　次の実験 (ア)〜(オ) で生成した気体のうち水上置換で捕集できず，上方置換で捕集できるものの組み合わせを以下の①〜⑨から一つ選び，マークシートに答えなさい。 **6**

(ア) 銅片に濃硫酸を加えた。

(イ) カルシウム粒に水を加えた。

(ウ) 酸化マンガン (Ⅳ) に濃塩酸を加えて加熱した。

(エ) 硫酸アンモニウムと水酸化ナトリウムの混合物を加熱した。

(オ) 塩素酸カリウムと酸化マンガン (Ⅳ) の混合物を加熱した。

① (ア) のみ　② (イ) のみ　③ (ウ) のみ　④ (エ) のみ　⑤ (オ) のみ

⑥ (ア), (エ) のみ　⑦ (イ), (ウ) のみ　⑧ (ウ), (エ) のみ　⑨ (エ), (オ) のみ

問 9　塩素には $^{35}\mathrm{Cl}$ と $^{37}\mathrm{Cl}$ の 2 種類の同位体が存在する。塩素の原子量を 35.5 としたとき，$^{35}\mathrm{Cl}$ の原子数に対する $^{37}\mathrm{Cl}$ の原子数の比として最も近い値を以下の①〜⑨から一つ選び，マークシートに答えなさい。ただし，$^{35}\mathrm{Cl}$ の相対質量を 35.0，$^{37}\mathrm{Cl}$ の相対質量を 37.0 とする。 **7**

① 0.33　② 0.41　③ 0.54　④ 0.67　⑤ 0.80

⑥ 0.95　⑦ 1.2　⑧ 1.4　⑨ 1.6

問 10　炭酸カルシウムを約 900 ℃に加熱すると酸化カルシウムと二酸化炭素が生成する。炭酸カルシウム 95.0 % を含む石灰石 1.00×10^3 kg を約 900 ℃に加熱するときに得られる酸化カルシウムの質量（kg）として最も近い値を以下の①〜⑨から一つ選び，マークシートに答えなさい。ただし，C = 12.0，O = 16.0，Ca = 40.0 とする。 **8**

① 418　② 504　③ 532　④ 588　⑤ 657

⑥ 693　⑦ 724　⑧ 881　⑨ 950

2 次の文を読み，文中の下線部 (1)〜(5) に関連した以下の各問いに答えなさい。

鉄(1)は私たちの体内で重要な役割を担う遷移元素の一つで，たとえば血液中で酸素の運搬を担うタンパク質であるヘモグロビン(2)に含まれている。ヘモグロビンに含まれる鉄は 2 価の陽イオン（Fe^{2+}）で，一つの Fe^{2+} に対して酸素分子が一つ結合して血液中で運搬される(3)。一方で，ヘモグロビン中の鉄イオン(4)が酸化されて 3 価（Fe^{3+}）になると，酸素分子と結合する能力が著しく低下する。このヘモグロビンはメトヘモグロビン(5)とよばれ，血液中でのメトヘモグロビンの割合が増加すると皮膚が青紫色に変色し，さらに増加すると頭痛，めまい，呼吸困難などの症状が現れる。

問 1　文中の下線部 (1) について，鉄原子の M 殻に収容されている電子はいくつであるか，次の **1** と **2** にあてはまる数値を以下の①〜⓪から一つずつ選び，マークシートに答えなさい。ただし，同じものを何度選んでもよい。また，M 殻の電子の数が 1 桁の場合は **1** に⓪を，0 個の場合は **1** と **2** に⓪を選びなさい。

1 **2** 個

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5

⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9　⓪ 0

問 2　文中の下線部 (2) について，ルミノールと水酸化ナトリウムの水溶液に **3** を混合した液体へ微量のヘモグロビン水溶液を加えると，液体が青色に発光する。この現象では，ヘモグロビンが **4** としてはたらいている。**3** と **4** にあてはまる語句として最適なものをそれぞれの選択肢①〜④から一つずつ選び，マークシートに答えなさい。

3 の選択肢

① アンモニア水　② 過酸化水素水　③ 石灰水　④ イオン交換水

4 の選択肢

① 酸化剤　② 還元剤　③ 電解質　④ 触媒

問 3　文中の下線部 (3) について，血液中のヘモグロビンのモル濃度は $2.3 \times 10^{-3}\,\mathrm{mol/L}$ で，ヘモグロビンの質量のうち 0.34 % が Fe^{2+} の質量であるとき，血液 10 mL 中でヘモグロビンと結合して運搬される酸素の最大量は標準状態で何 mL か，必要があれば四捨五入して，有効数字 2 桁で**記述解答用紙**に答えなさい。ただし，原子量は Fe = 56，ヘモグロビンの分子量は 6.5×10^4 とする。また，数値は必要があれば指数表記（$a \times 10^n$；$1 \leqq a < 10$）で答えなさい。

問 4　文中の下線部 (4) について，メチレンブルーという薬のはたらきでヘモグロビン中の鉄イオンを Fe^{3+} から Fe^{2+} に還元することができる。メチレンブルーは体内で 1 価の陽イオン（MB^+）と

して存在し，次の反応式 1 で示す反応によってロイコメチレンブルー（MBH）に変化する。

反応式 1：$MB^+ + H^+ +$ **5** $e^- \longrightarrow MBH$

生成した MBH は次の反応式 2 で示すように Fe^{3+} を Fe^{2+} に還元し，再び MB^+ が得られる。

反応式 2：**6** $Fe^{3+} +$ **7** MBH

$\longrightarrow$ **8** $Fe^{2+} +$ **9** $MB^+ +$ **10** H^+

生成した MB^+ は再び反応式 1 によって MBH に変化し，繰り返し Fe^{3+} を還元する。反応式 1 および 2 の係数 **5** ～ **10** にあてはまる数値を次の①～⑨から一つずつ選び，マークシートに答えなさい。ただし，同じものを何度選んでもよい。また，係数が 1 の場合にも省略せずに①を選びなさい。

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5

⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9

問 5　文中の下線部 (5) について，メトヘモグロビン中では Fe^{3+} に水分子が結合していることが多い。この結合は，水分子中の酸素原子が Fe^{3+} と **11** を共有してできたものであり，**12** とよばれる。**11** と **12** にあてはまる語句として最適なものをそれぞれの選択肢①～④から一つずつ選び，マークシートに答えなさい。

11 の選択肢

① 水素原子　② 不対電子　③ 非共有電子対　④ 自由電子

12 の選択肢

① 共有結合　② 金属結合　③ 配位結合　④ 水素結合

3 以下の各問いに答えなさい。

（反応 1）フェノールはクメン法によって化合物 A から合成される。

（反応 2）化合物 B は，フェノールと水酸化ナトリウムとの塩として得られる。

（反応 3）化合物 B に，高温高圧下で二酸化炭素を作用させると化合物 C が得られる。

（反応 4）化合物 C に希硫酸を作用させると弱酸の遊離によって化合物 D が得られる。

（反応 5）化合物 D にメタノールを加え，さらに濃硫酸を加えると化合物 E が得られる。

（反応 6）化合物 D と無水酢酸に濃硫酸を作用させると化合物 F が得られる。

問 1　化合物 A の名称を次の①～⑤から一つ選び，マークシートに答えなさい。**1**

① ベンゼン

② アニリン

③ ピリジン

④　安息香酸

⑤　トルエン

問 2　化合物 B の名称を次の①～⑤から一つ選び，マークシートに答えなさい。 **2**

①　ナトリウムフェノキシド

②　クエン酸ナトリウム

③　ベンジルアルコール

④　酢酸ナトリウム

⑤　イソペンタン

問 3　化合物 C の名称を次の①～⑤から一つ選び，マークシートに答えなさい。 **3**

①　テレフタル酸二ナトリウム

②　マレイン酸二ナトリウム

③　リノール酸ナトリウム

④　サリチル酸ナトリウム

⑤　安息香酸ナトリウム

問 4　化合物 D の名称を次の①～⑤から一つ選び，マークシートに答えなさい。 **4**

①　プロピオン酸

②　サリチル酸

③　オレイン酸

④　安息香酸

⑤　酢酸

問 5　化合物 E の名称を次の①～⑤から一つ選び，マークシートに答えなさい。 **5**

①　ベンゼンスルホン酸

②　サリチル酸メチル

③　酪酸エチル

④　チロシン

⑤　セリン

問 6　化合物 F の名称を次の①～⑤から一つ選び，マークシートに答えなさい。 **6**

①　アセチルサリチル酸

②　*o*-ニトロトルエン

③　アセトアニリド

④　2-ナフトール

⑤　*o*-クレゾール

問 7　A，D，E，F のうち，塩化鉄 (Ⅲ)$FeCl_3$ の薄い水溶液を加えると呈色するものの組み合わせを次の①〜⑥から一つ選び，マークシートに答えなさい。**7**

①　A と D

②　A と E

③　A と F

④　D と E

⑤　D と F

⑥　E と F

問 8　純度 100.0 % の化合物 F の結晶に，0.5000 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 50.00 mL を加え反応させたところ，加水分解反応を含む反応が十分に進み，結晶は完全に溶解した。この溶液にフェノールフタレイン指示薬を少量加えたところ，溶液の色は薄いピンク色となった。この溶液を 0.2000 mol/L の塩酸で注意深く滴定したところ，37.34 mL でフェノールフタレインのピンク色がちょうど消えた。この点を中和点とした場合，算出される化合物 F の物質量として最適なものを次の①〜⑨から一つ選び，マークシートに答えなさい。**8**

① 8.53 mmol　② 8.57 mmol　③ 8.61 mmol　④ 8.65 mmol　⑤ 8.69 mmol

⑥ 8.73 mmol　⑦ 8.77 mmol　⑧ 9.81 mmol　⑨ 9.85 mmol

問 9　化合物 F は，広く使われている抗炎症剤の主成分であり，その血中における半減期は非常に短い。しかし，血小板や活性タンパク質に与えた変化が体の中で継続するため，長時間の薬効が得られる薬である。化合物 F の半減期を 20.0 分とした場合，血中濃度が最初の 10.0 % となる時間として最適なものを次の①〜⑨から一つ選び，マークシートに答えなさい。ただし，血中濃度の減少速度はその時点での血中濃度に比例するとし，必要であれば，$\log_{10} 2 = 0.301$ としなさい。**9**

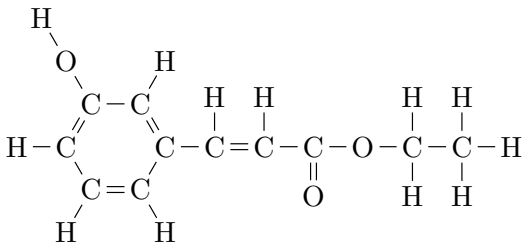
① 1.07 時間　② 1.11 時間　③ 1.15 時間

④ 1.19 時間　⑤ 1.23 時間　⑥ 1.27 時間

⑦ 1.31 時間　⑧ 1.35 時間　⑨ 1.39 時間

問 10　（反応 6）で，実際に化合物 F を得るために，まず水で過剰量の無水酢酸を加水分解し，冷却したあと化合物 F の固体を得る。温度による溶解度の違いを利用して，固体物質を精製するこの方法の名称を，漢字 3 文字で**記述解答用紙**に答えなさい。

問 11　化合物 F の構造式を，例にならって，**記述解答用紙**に答えなさい。

例：

4 次の文を読み，以下の各問いに答えなさい。

分子量が約 1 万以上の化合物を高分子化合物といい，天然高分子化合物と合成高分子化合物に分類される。

多くの高分子化合物は小さな構成単位がくり返し共有結合した構造をとるが，このくり返しの数は一定でないので，いろいろな分子量をもつ分子の混合物となる。このため，高分子化合物の分子量はその溶液の粘度や浸透圧の測定などから求めた平均分子量(1)で表される。

合成高分子化合物は，石油などを原料としてつくられ，その用途によって，合成繊維，合成樹脂，合成ゴムなどに分類される。一般に，鎖状の合成高分子を繊維状にしたものを合成繊維(2)という。合成高分子のうち，熱や圧力を加えると成形・加工ができるものを合成樹脂（プラスチック）(3)といい，熱に対する性質の違いから，熱可塑性樹脂と熱硬化性樹脂に分類される。

最近では，従来の素材としての合成高分子から，特殊な機能を付け加えた新しい高分子材料が次々と開発され，多方面で活用されている。このような高分子を機能性高分子(4)とよぶ。

プラスチックは自然界では分解されにくく，いつまでも残留するため，環境汚染の大きな要因となっている。また限られた石油資源を守るため，プラスチックをリサイクルする技術(5)が開発され，実用化されている。

問 1　下線部 (1) について，ある高分子化合物 5.00 g を溶かして 1.00 L とした溶液の浸透圧は，27 ℃ において 780 Pa であった。この高分子化合物の平均分子量として最も近いものを①～⑧から一つ選び，マークシートに答えなさい。ただし，気体定数 $R = 8.31 \times 10^3$ Pa・L/(mol・K) とする。

1

① 1.1×10^4　② 1.2×10^4　③ 1.3×10^4　④ 1.4×10^4

⑤ 1.5×10^4　⑥ 1.6×10^4　⑦ 1.7×10^4　⑧ 1.8×10^4

問 2　下線部 (2) について，次の文を読み，以下の (a)〜(e) の各問いに答えなさい。

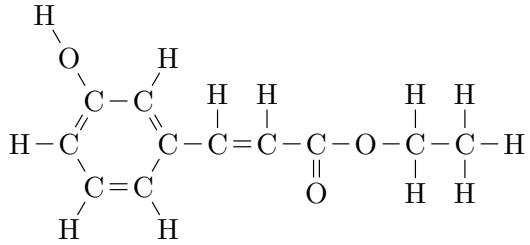
酢酸ビニルを［ 2 ］させると，ポリ酢酸ビニルになる。これを水酸化ナトリウム水溶液で加水分解（けん化）すると，ポリビニルアルコール（PVA）になる。PVA は，ビニルアルコールが不安定であり，異性化して［ あ ］となるため，ビニルアルコールを単量体とする［ 2 ］によっては得られない。PVA はヒドロキシ基を多く含むため，水に分散して［ い ］コロイドとなる。このコロイド溶液を細孔から硫酸ナトリウムの飽和水溶液中に押し出すと，［ う ］して繊維状になる。乾燥後，ホルムアルデヒド水溶液を作用させて，ヒドロキシ基の 35〜45 % 程度を［ 3 ］化し，水に溶けないようにしたものがビニロンである。

(a) 文中の空欄［ 2 ］にあてはまる最適な語句を次の①〜⑤から一つ選び，マークシートに答えなさい。

① 開環重合　② 縮合重合　③ 付加重合　④ 付加縮合　⑤ 共重合

(b) 文中の空欄［ あ ］にあてはまる最適なカルボニル化合物の構造式を，例にならって，**記述解答用紙**に答えなさい。

例



(c) 文中の空欄［ い ］および［ う ］にあてはまる最適な語句をそれぞれ漢字 2 文字で**記述解答用紙**に答えなさい。

(d) 文中の空欄［ 3 ］にあてはまる最適な語句を次の①〜⑥から一つ選び，マークシートに答えなさい。

① アミド　② アセチル　③ エステル

④ アセタール　⑤ メトキシ　⑥ ホルミル

(e) 上記反応により 44 g の PVA を得たのち，ホルムアルデヒド水溶液を作用させたところ，40 % のヒドロキシ基が反応したビニロンが得られた。このとき，次の各問い i)，ii) に答えなさい。ただし，原子量は H = 1.00，C = 12.0，O = 16.0 とする。

i) 得られたビニロンの質量（g）として最も近いものを次の①〜⑥から一つ選び，マークシートに答えなさい。 **4**

① 3　② 5　③ 10　④ 30　⑤ 50　⑥ 80

ii) 必要な 20 % ホルムアルデヒド水溶液の質量（g）として最も近いものを次の①〜⑥から一つ選び，マークシートに答えなさい。 **5**

① 10　② 20　③ 30　④ 40　⑤ 50　⑥ 60

問 3　下線部 (2) について，次の (ア)〜(エ) の記述のうち正しいものの組み合わせを以下の①〜⑥から一つ選び，マークシートに答えなさい。 **6**

(ア) ポリエチレンやポリプロピレンはオレフィン系繊維とよばれ，二重結合を含む。

(イ) 脂肪族のポリアミド系合成繊維をナイロンといい，芳香族のポリアミド系合成繊維をアラミド繊維という。

(ウ) ポリエチレンテレフタラート（PET）は，適度な吸湿性をもち，綿に似た感触がある。

(エ) アクリル繊維を不活性ガス中において高温で炭化して得られる繊維は，カーボンファイバーとよばれる。

① (ア) と (イ)　② (ア) と (ウ)　③ (ア) と (エ)

④ (イ) と (ウ)　⑤ (イ) と (エ)　⑥ (ウ) と (エ)

問 4　下線部 (3) について，次の (ア)〜(エ) の記述のうち正しいものの組み合わせを以下の①〜⑥から一つ選び，マークシートに答えなさい。 **7**

(ア) 高密度ポリエチレンは半透明で硬く，低密度ポリエチレンは透明でやわらかい。

(イ) ユリア樹脂やメラミン樹脂は，アミド樹脂とよばれる。

(ウ) 無水フタル酸とグリセリンからつくられるグリプタル樹脂は，アルキド樹脂の一つである。

(エ) スチレンと *p*-ジビニルベンゼンの重合体に，酸性の官能基を導入したものは陰イオン交換樹脂としてはたらく。

① (ア) と (イ)　② (ア) と (ウ)　③ (ア) と (エ)

④ (イ) と (ウ)　⑤ (イ) と (エ)　⑥ (ウ) と (エ)

問 5　下線部 (3) について，フェノール樹脂に関する次の (ア)〜(エ) の記述のうち正しいものの組み

合わせを以下の①～⑥から一つ選び，マークシートに答えなさい。 **8**

(ア) 熱可塑性樹脂である。

(イ) 酸触媒を用いたときの中間生成物をノボラック，塩基触媒を用いたときの中間生成物をレゾールという。

(ウ) 酸触媒，塩基触媒のいずれの場合でも中間生成物に硬化剤を加えて加熱してフェノール樹脂を得る。

(エ) 反応は，フェノールのオルト位またはパラ位で進行する。

① (ア) と (イ)　② (ア) と (ウ)　③ (ア) と (エ)

④ (イ) と (ウ)　⑤ (イ) と (エ)　⑥ (ウ) と (エ)

問 6　ゴムに関する次の (ア)～(エ) の記述のうち正しいものの組み合わせを以下の①～⑥から一つ選び，マークシートに答えなさい。 **9**

(ア) 天然ゴムは，イソプレンの付加重合体で，シス型の構造をもつ。

(イ) 加硫操作を行って生成した架橋構造は，硫黄原子によるさまざまな結合様式がある。

(ウ) ゴムの老化の主な原因は，空気中の酸素によってゴム分子中の架橋構造が切断されてしまうためである。

(エ) ブタジエンゴム，フッ素ゴム，シリコーンゴムなどの合成ゴムはいずれも単量体を付加重合させて得られる。

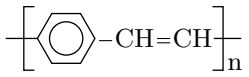
① (ア) と (イ)　② (ア) と (ウ)　③ (ア) と (エ)

④ (イ) と (ウ)　⑤ (イ) と (エ)　⑥ (ウ) と (エ)

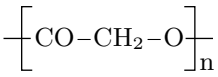
問 7　下線部 (4) について，次の (a)〜(d) の各問いに答えなさい。

(a) ポリメタクリル酸メチルの構造式として最適なものを次の①〜⑦から一つ選び，マークシートに答えなさい。 **10**

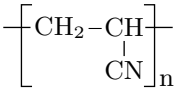
①



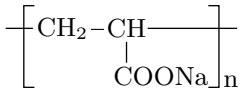
②



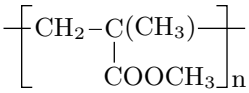
③



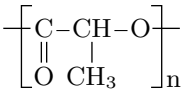
④



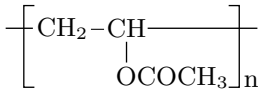
⑤



⑥



⑦



(b) ポリメタクリル酸メチルの用途として最適なものを次の①〜⑦から一つ選び，マークシートに答えなさい。 **11**

① 感光性高分子　② 吸水性高分子　③ 導電性高分子

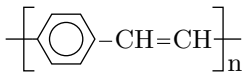
④ 生分解性高分子　⑤ 温度応答性高分子　⑥ 光透過性高分子

⑦ 形状記憶高分子

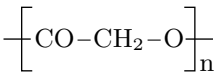
(c) ポリ乳酸の構造式として最適なものを次の①～⑦から一つ選び，マークシートに答えなさい。

12

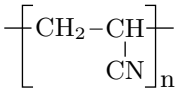
①



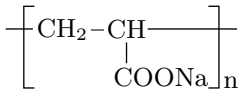
②



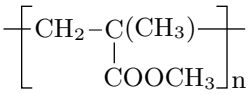
③



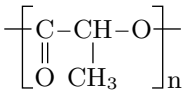
④



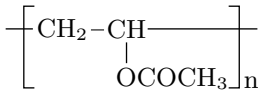
⑤



⑥



⑦



(d) ポリ乳酸の用途として最適なものを次の①～⑦から一つ選び，マークシートに答えなさい。

13

① 感光性高分子　② 吸水性高分子　③ 導電性高分子

④ 生分解性高分子　⑤ 温度応答性高分子　⑥ 光透過性高分子

⑦ 形状記憶高分子

問 8　下線部 (5) について，プラスチックを化学反応により分解し，原料の単量体や有用な物質に変換し，資源として再利用することを何というか。最適な語句を次の①～⑤から一つ選び，マークシートに答えなさい。**14**

① ケミカルリサイクル　② マテリアルリサイクル　③ サーマルリサイクル

④ バイオリサイクル　⑤ メカニカルリサイクル