

化 学

試験時間；12:30～14:10（100分）

配 点；200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. 配付物；（1）「問題冊子」1～25ページ
（2）「解答用紙」2枚
3. 「問題冊子」中、表紙裏と8ページ、9ページ、13ページ、18ページ、19ページは下書き用紙です。
計算用紙として使いなさい。
問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離してはいけません。
4. 問題文は、1～7ページ、10～12ページ、14～17ページ、20～25ページに印刷してあります。
5. 試験開始と同時に配付物を確認し、脱落している場合は申し出なさい。
また、試験中に「問題冊子」の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および「解答用紙」の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. 「解答用紙」について
☆ 「解答用紙（その1）」、「解答用紙（その2）」の氏名欄には各自の氏名を楷書で記入し、受験番号記入欄には各自の5ケタの受験番号（90001，90002，90003，・・・）を記入しなさい。

「解答用紙（その1）」

1	～	5
---	---	---

の解答用紙です。

「解答用紙（その2）」

6	～	8
---	---	---

の解答用紙です。
7. 試験終了の合図と同時に、裏返しの状態で下から「問題冊子」、「解答用紙（その1）」、「解答用紙（その2）」の順に並べなさい。
8. 試験終了後、「問題冊子」は持ち帰りなさい。

下書き用紙

解答はすべて「解答用紙」の指定された箇所に記入せよ。

必要があれば，次の数値を用いよ。

原子量：**H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, S = 32,**
Cl = 35.5, Ca = 40, Cu = 64

アボガドロ定数： **$6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$**

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： **$9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$**

セルシウス温度目盛りのゼロ点 **$0^\circ\text{C} : 273 \text{ K}$**

標準状態： **$0^\circ\text{C}, 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$**

標準状態での理想気体のモル体積： **22.4 L/mol**

『余 白』

1

問1 次の(1)～(8)の問いについて、正しいものを1つ選び、番号で答えよ。(17点)

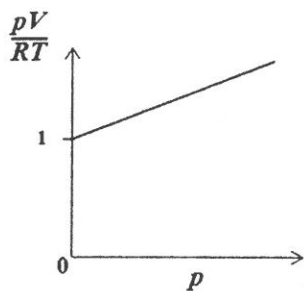
(1) 次の水素化合物のうち、常圧での沸点が最も高いものはどれか。

- ① CH₄ ② NH₃ ③ H₂O ④ H₂S ⑤ HBr

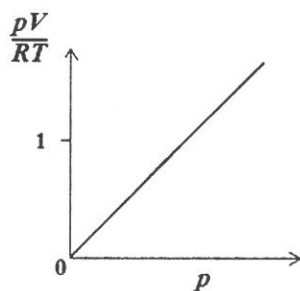
(2) 0.25 mol/L の塩酸 200 mL と 0.20 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 300 mL を混合した。この混合溶液の 25 °C における pH はいくらか。最も近い値を選べ。ただし、混合前後で溶液の体積は変化しないものとし、25 °C における水のイオン積 K_w を $1.0 \times 10^{-14} \text{ (mol/L)}^2$ とする。必要ならば $\log_{10}2 = 0.30$ を使用すること。

- ① 1.7 ② 2.7 ③ 3.7
④ 11.3 ⑤ 12.3 ⑥ 13.3

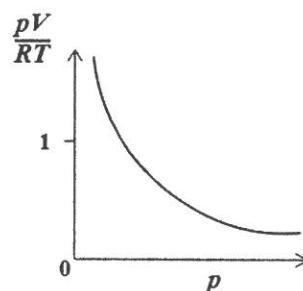
(3) 1 mol の理想気体において、圧力 p [Pa]，体積 V [L]，気体定数 R [Pa·L/(K·mol)]，温度 T [K] の関係を示す正しいグラフはどれか。



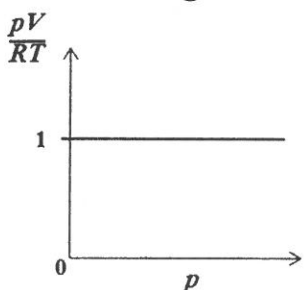
①



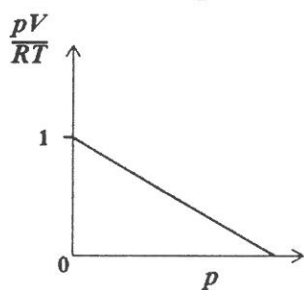
②



③



④



⑤

(4) アルミニウムに関する次の記述のうち、正しいものはどれか。

- ① アルミニウムは遷移元素である。
- ② アルミニウムは 3 価の陽イオンになりやすい。
- ③ 酸化アルミニウムは水によく溶ける。
- ④ 水酸化アルミニウムは水によく溶ける。
- ⑤ アルミニウムのイオン化傾向は鉛のそれよりも小さい。
- ⑥ アルミニウムはトタンにして鉄のさびを防ぐ目的で用いる。

(5) 次の操作によって発生する気体のうち、水上置換による捕集が不適切なもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

- (a) 単体の鉄に希硫酸を加える。
- (b) 塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて穏やかに加熱する。
- (c) 塩化アンモニウムと水酸化カルシウムを混合して加熱する。
- (d) 酸化マンガ(IV)を過酸化水素の水溶液に加える。

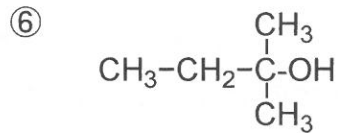
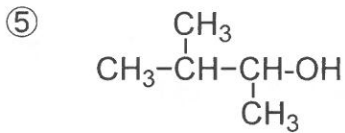
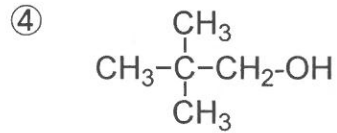
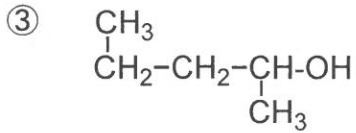
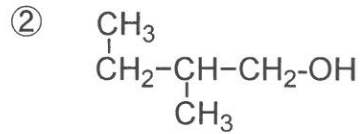
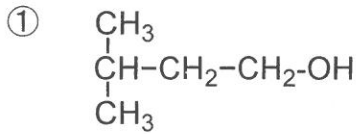
- | | | | | | |
|---|------------|---|------------|---|------------|
| ① | [(a), (b)] | ② | [(a), (c)] | ③ | [(a), (d)] |
| ④ | [(b), (c)] | ⑤ | [(b), (d)] | ⑥ | [(c), (d)] |

(6) コロイドに関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

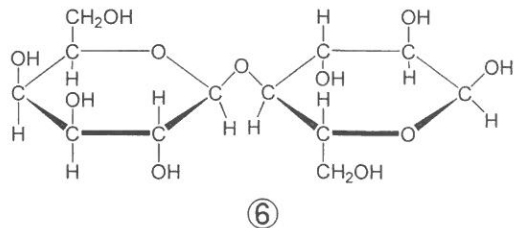
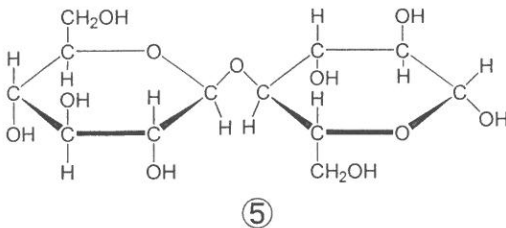
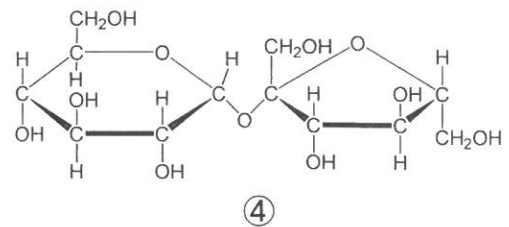
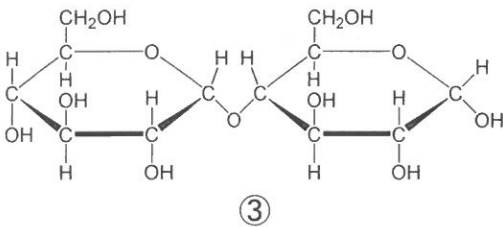
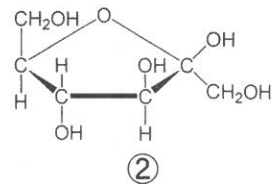
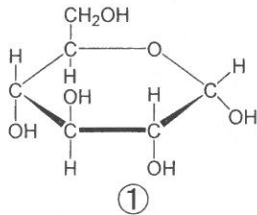
- (a) 疎水コロイドのコロイド粒子は、それぞれ同種の電荷を帯び、その反発力により水溶液中で分散している。
- (b) コロイド粒子が沈殿しないで溶媒中に分かれて散らばり、流動性があるが混ざり合っている溶液をゾル、流動性を失っているものをゲルという。
- (c) コロイド溶液中のコロイド粒子は、セロハンのような半透膜を通過できるが、一般的なる紙は通過できない。

- | | | | | | |
|---|------------|---|------------|---|------------|
| ① | [(a)] | ② | [(b)] | ③ | [(c)] |
| ④ | [(a), (b)] | ⑤ | [(a), (c)] | ⑥ | [(b), (c)] |

(7) 次のアルコールのうち、最も酸化されにくいものはどれか。



(8) 次の糖類のうち、還元性を示さないものはどれか。



2

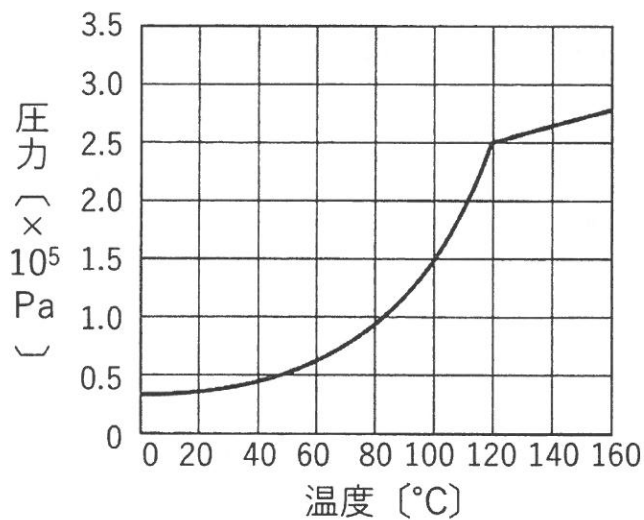
次の記述を読んで、問い（問2～問5）に答えよ。

(27点)

密閉容器を用いて、以下の実験を行った。

実験 容積 **2.0 L** の容器に、**0 °C** で、ある量の窒素と水を入れ、ゆっくり温度を上げると、容器内の気体の全圧は下図のように変化した。

なお、すべての気体は(i)理想気体としてふるまい、容器内の液体の体積、液体への気体の溶解、および熱による容器の変形は無視できるものとする。また、**100 °C** における飽和水蒸気圧を **$1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$** とする。



問2 下線部 (i) の理想気体と、実在気体との違いに関して説明した以下の文中の [ア] ~ [カ] に適切な語句を記せ。

実在気体では、特に低温や高圧において気体の状態方程式から大きく外れる。これは、低温では、分子の運動エネルギーが [ア] なるため、また、高圧では分子間の距離が [イ] なるため、[ウ] 力や分子自身の [エ] の影響が無視できなくなるためである。実在気体であっても、[オ] 温・[カ] 圧の状態では、理想気体として扱うことができる。

問3 この実験において、容器内に入れた窒素の物質質量 [mol] はいくらか。
有効数字 2 桁で答えよ。

問4 この実験において、120 °C における水の蒸気圧 [Pa] はいくらか。
有効数字 2 桁で答えよ。

問5 この実験において、容器内に入れた水の物質質量 [mol] はいくらか。
有効数字 2 桁で答えよ。

下書き用紙

下書き用紙

3

次の記述を読んで、問い（問6～問10）に答えよ。

(26点)

一般に、物質の化学変化は、熱の出入りを伴って進行する。この反応熱は、反応の種類によって固有の名称で呼ばれ、燃焼熱や生成熱などがその例である。また、反応熱の総和は、化学変化の前後の状態だけで決まり、反応の経路には無関係である。これは [ア] の法則と呼ばれる。この法則を利用すると、実際に測定が難しい反応の反応熱でも、別の反応の反応熱から計算により求めることができる。

化学反応式の右辺に反応熱を書き加え、両辺を等号で結んだ式を熱化学方程式という。例えば、下の (1) 式に示すように、炭素（黒鉛）1 mol から二酸化炭素 1 mol を生成するとき 394 kJ の熱量が発生する。このように、熱を放出しながら進行する反応は [イ] 反応と呼ばれる。表 1 には、いくつかの物質の 25 °C、 1.013×10^5 Pa における生成熱の値を示した。



また、原子間の [ウ] 結合を切断するために必要なエネルギーを結合エネルギーといい、気体分子内の結合 1 mol あたりの値で示される。例えば、25 °C において 1 mol の水素分子 H_2 を 2 mol の水素原子 H に分解するには、 H-H の結合エネルギーに相当する 436 kJ のエネルギーを加える必要がある。逆に、25 °C において 2 mol の水素原子 H が結合して 1 mol の H_2 になるとき、436 kJ のエネルギーが放出される。

表 1 生成熱 (25 °C, 1.013×10^5 Pa)

水	H_2O (液)	286 kJ/mol
二酸化炭素	CO_2 (気)	394 kJ/mol
エタン	C_2H_6 (気)	83.8 kJ/mol
エチレン	C_2H_4 (気)	-52.5 kJ/mol

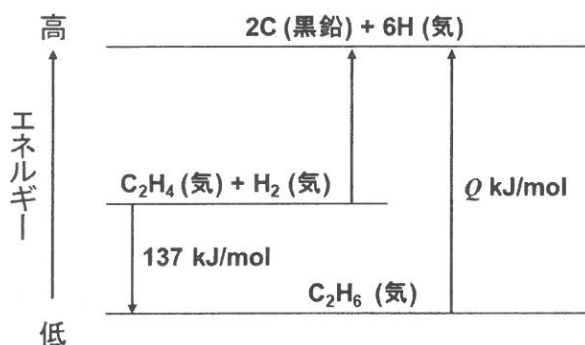
問6 文中の〔ア〕～〔ウ〕に適切な語句を記入せよ。

問7 25 °C, 1.013 × 10⁵ Pa におけるエタノール（液）の生成熱 [kJ/mol] はいくらか。整数で答えよ。ただし, 25 °C, 1.013 × 10⁵ Pa におけるエタノール（液）の燃焼熱は 1368 kJ/mol であり, 燃焼の際に生成する水は液体とする。

問8 25 °C, 1.013 × 10⁵ Pa において, エタノール（液）9.2 g の完全燃焼によって得られる熱量の 80% が 25 °C, 2.0 kg の水の温度上昇に使われた場合, 水の温度 [°C] はいくらになるか。有効数字 2 桁で答えよ。ただし, 25 °C, 1.013 × 10⁵ Pa におけるエタノール（液）の燃焼熱は 1368 kJ/mol であり, 1.0 kg の水の温度を 1 °C 上昇させるのに必要な熱量を 4.2 kJ とする。

『余 白』

問9 下図は、25 °Cにおいてエチレン（気）に対する水素付加反応における反応熱と原子間の結合エネルギーの関係を示している。図中の Q [kJ/mol] はいくらか。整数で答えよ。ただし、25 °Cにおいてエタン（気）における C-C の結合エネルギーを 348 kJ/mol, C-H の結合エネルギーを 413 kJ/mol とする。



問10 25 °Cにおいてエチレン（気）に存在する C=C 結合の結合エネルギー [kJ/mol] はいくらか。問9の図をもとにして、整数で答えよ。ただし、25 °Cにおいてエチレン（気）における C-H の結合エネルギーを 413 kJ/mol, H-H の結合エネルギーを 436 kJ/mol とする。

『余 白』

下書き用紙

4

次の記述を読んで、問い（問11～問14）に答えよ。

（18点）

一般に、不揮発性の溶質が溶解した希薄溶液は、純粋な溶媒（純溶媒）と異なる性質を有する。特に、溶液の凝固点が純溶媒よりも低くなる現象を凝固点降下といい、純溶媒と溶液のそれぞれの凝固点の差 Δt [K] を凝固点降下度という。凝固点降下度 Δt [K] は、溶媒中に存在する溶質粒子の[ア]濃度に比例する。

以下の実験を行った。ただし、純粋な水の凝固点は、 0°C である。

実験① 水 **200 g** にグルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ を **3.60 g** 溶かした溶液の凝固点を測定したところ、 -0.185°C であった。

実験② 実験①で得られた溶液に、さらに **1.17 g** の塩化ナトリウム NaCl を加えて完全に溶解させたのち、凝固点を測定した。

実験③ 水 **600 g** に塩化カルシウム CaCl_2 を **3.33 g** 溶かした溶液の凝固点を測定したところ、 -0.261°C であった。

問 1 1 文中の [ア] に適切な語句を記入せよ。

問 1 2 実験①より，水のもル凝固点降下 K_f [$\text{K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$] はいくらか。有効数字 3 桁で答えよ。

問 1 3 実験②で得られた溶液の凝固点 [$^{\circ}\text{C}$] はいくらか。有効数字 3 桁で答えよ。ただし，加えた塩化ナトリウム NaCl は水中で完全に電離しているものとする。

問 1 4 実験③より，塩化カルシウム CaCl_2 の電離度はいくらか。有効数字 3 桁で答えよ。

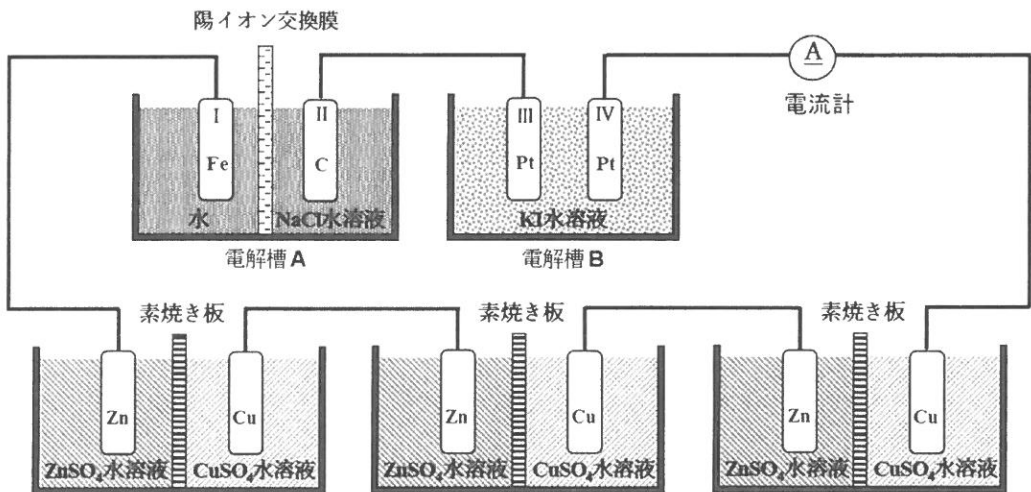
『余 白』

5

次の記述を読んで、問い（問15～問19）に答えよ。

(38点)

下図のように、電解槽 A と電解槽 B（電極 I は鉄、II は炭素、III と IV はいずれも白金）を直列につなぎ、電解液として、A には陽イオン交換膜で電極を分離したうえで電極 I 側には水、電極 II 側には 1.00 mol/L の塩化ナトリウム水溶液をそれぞれ 100 mL 入れ、B には 1.00 mol/L のヨウ化カリウム水溶液を 200 mL 入れた。この装置では、外部電源としてダニエル電池を 3 個つないで直流の電流を流すと、電極 I～III では泡の発生がみられ、電極 IV では電極付近の溶液が褐色を呈した。電極 [ア] から発生する気体を集めて臭化カリウム水溶液に通じたところ、赤褐色を呈した。また、[イ] 水溶液に電極 IV 周辺の褐色の液体を加えると、青～青紫色になった。さらに、ダニエル電池の [ウ] 極である亜鉛板では [エ] 反応が進行し、硫酸銅(II)水溶液から硫酸亜鉛水溶液へ素焼き板を通して [オ] イオンが移動した。一方、[カ] 極である銅板では [キ] 反応が進行し、硫酸亜鉛水溶液から硫酸銅(II)水溶液へ素焼き板を通して [ク] イオンが移動した。



ただし、電気分解は 25°C で行い、流れた電流はすべて電極での酸化還元反応に使用されたものとする。発生する気体は、水に溶解せず、副反応を起こさず、理想気体としてふるまうものとする。

問 15 文中の [ア] ~ [ク] に適切な語句もしくは電極番号を記入せよ。

問 16 電極 **I** ~ **IV** で起こる反応を、それぞれ電子 e^- を用いたイオン反応式で示せ。

問 17 十分に電流を流したのちに電解槽 **A** での電極 **I** ならびに **II** 付近の水溶液を濃縮すると得られる物質をそれぞれ組成式で示せ。

問 18 この装置を用いて平均 **1.00 A** の電流を **32 分 10 秒** 間流したときに電解槽 **A** を流れる電気量 [C] はいくらか。有効数字 **3 桁** で答えよ。

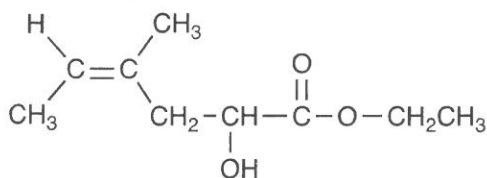
問 19 **問 18** のときに **3** 個あるダニエル電池の銅板で析出する金属の質量 [g] の総和はいくらか。有効数字 **3 桁** で答えよ。

下書き用紙

下書き用紙

6

次の記述を読んで、問い（問20～問24）に答えよ。ただし、構造式を書く場合は、下記の例にならって書け。（26点）



構造式の例

- 化合物 **A** および **B** は、いずれも分子式が C_4H_6 で表され、**A** のすべての炭素原子と **B** の3つの炭素原子は、それぞれ同一直線上にある。
- A** および **B** のそれぞれ1分子に触媒を用いて水素1分子を付加させると、**A** からはシス-トランス異性体が存在する化合物 **C** が、**B** からは化合物 **D** が生成した。
- C** および **D** のそれぞれ1分子に触媒を用いて水1分子を付加させると、**C** からは化合物 **E** のみが、**D** からは化合物 **E** と **E** の構造異性体が生成した。
- A** および **B** のそれぞれ1分子に触媒を用いて水1分子を付加させると、**A** からは化合物 **F** のみが、**B** からは化合物 **F** と **F** の構造異性体が生成した。
- B** の1分子に触媒を用いて酢酸1分子を付加させたところ、化合物 **G** と **G** の構造異性体が生成し、**G** を加水分解したところ、**F** と酢酸が生成した。

なお、下記に示すように、**a** のようなエノール形の構造をもつ化合物は、不安定であるために、ただちに **b** のようなケト形の構造をもつ異性体に変化（異性化）する。



($\text{R}^1 \sim \text{R}^3$ は、アルキル基または水素原子を表す)

問20 化合物Cのシス体の構造式，および化合物FとGの構造式を書け。

問21 化合物AやBのような一般式 C_nH_{2n-2} で表される鎖式不飽和炭化水素を総称して何と呼ぶか。化合物の一般名を答えよ。

問22 化合物Eの構造異性体のうち，エーテル結合をもち，炭化水素基部分に枝分かれ構造のある化合物の構造式を書け。

問23 化合物Fの構造異性体のうち，銀鏡反応を示し，炭化水素基部分に枝分かれ構造のない化合物の構造式を書け。

問24 化合物A～Fに関する次の記述のうち，正しいものに○印を，間違っているものに×印を記入せよ。

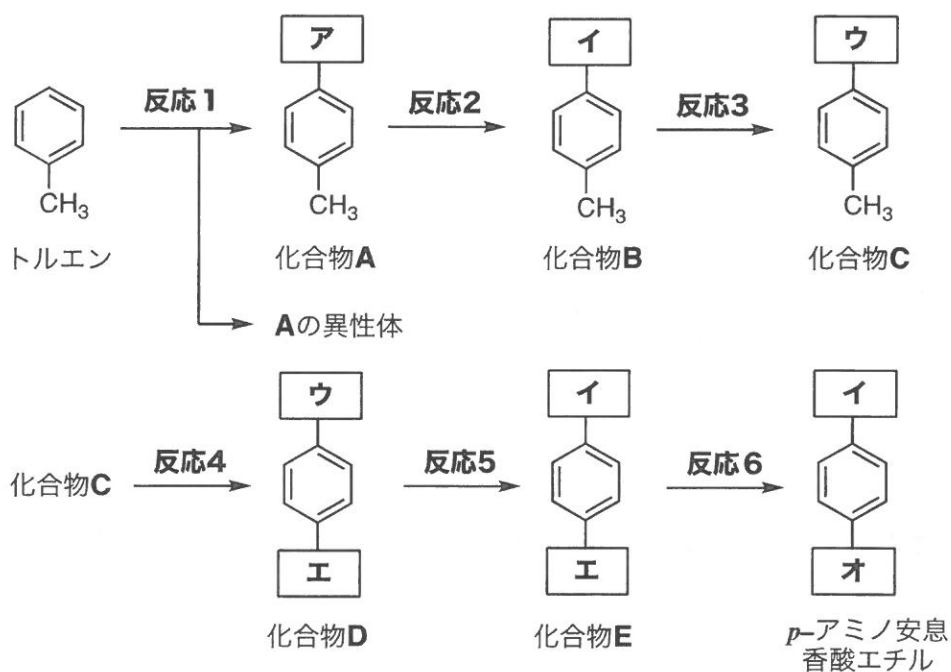
- ① A～Dは，いずれも臭素水の色を脱色する。
- ② A～Fのうち，ヨードホルム反応を示すものはFのみである。
- ③ Eを酸化すると，Fが得られる。

7

次の記述を読んで、問い（問25～問26）に答えよ。

(20点)

下記は、局所麻酔薬として用いられる医薬品 *p*-アミノ安息香酸エチルをトルエンを出発原料として合成する反応経路を示したものである。ただし、各反応で塩が生成する場合には、適切な方法で化合物を遊離させているものとする。なお、化合物 **E** は、希塩酸にも水酸化ナトリウム水溶液にも塩を形成して溶ける分子量 **137** の化合物である。



- 反応1** 濃硝酸と濃硫酸の混合物を常温で作用させる。
反応2 スズと塩酸を作用させる。
反応3 無水酢酸を作用させる。
反応4 過マンガン酸カリウム水溶液を加えて加熱する。
反応5 希硫酸を加えて加熱する。
反応6 エタノールと少量の濃硫酸を加えて加熱する。

問25 反応1, 2, 4~6に該当するものをそれぞれ下記の【あ~き】の中から1つ選び, 記号で答えよ。

【あ 酸化, い 還元, う 付加, え 置換, お 縮合,
か 開環, き 加水分解】

問26 反応経路図の **ア** ~ **オ** に入る適切な置換基を示性式で記入せよ。ただし, 解答欄の線 (価標) はベンゼン環に結合しているものとする。

『余 白』

8

次の記述を読んで、問い（問27～問31）に答えよ。

(28点)

衣類は天然繊維や化学繊維などの高分子から作られている。化学繊維は銅アンモニアレーヨンやビスコースレーヨンのような[ア]繊維のほかに、半合成繊維や合成繊維がある。アセテートなどの半合成繊維は天然繊維を溶かして化学的に処理してから再度繊維状にしたものである。世界で最初の合成繊維である⁽ⁱ⁾ナイロン66は、アジピン酸とヘキサメチレンジアミンの混合物の[イ]重合で得られる。ナイロン6は日本で開発された繊維で、カプロラクタム（ ϵ -カプロラクタムとも呼ぶ）の[ウ]重合で得られる。ナイロン66やナイロン6はアミド結合をもち、分子間に多くの[エ]結合が形成されるため、強度や耐久性に優れる。

問27 文中の[ア]～[エ]に適切な語句を記入せよ。

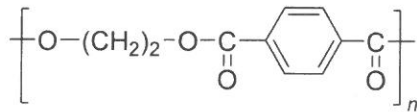
問28 セルロースに関する次の記述のうち、正しいものに○印を、間違っているものに×印を記入せよ。

- ① β -グルコースが脱水縮合して生じた多糖である。
- ② 髪の毛の主成分である。
- ③ ヨウ素溶液（ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液）と反応し青～青紫色を示す。
- ④ 酵素アミラーゼにより分解される。
- ⑤ 還元性を示さない。

問 2 9 アセテートはセルロースから合成される繊維である。アセテートを得るためには、セルロースがアセチル化されたトリアセチルセルロースを生成し、トリアセチルセルロースを加水分解したジアセチルセルロースを再度繊維状にする。

ジアセチルセルロースを **1.0 kg** を合成するために必要なセルロース $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_3]_n$ (n は重合度) の質量 [kg] はいくらか。有効数字 2 桁 で答えよ。ただし、セルロースはすべてジアセチルセルロースに変換されたものとする。

問 3 0 下線部(i)について、ナイロン 66 の構造式を示せ。ただし、重合度を n とする。構造式は下記の例にならって書け。



構造式の例

問 3 1 平均分子量 2.1×10^4 のナイロン 66 の 1 分子中のアミド結合はいくつあるか。有効数字 2 桁 で答えよ。

『以 上』