東京女子医科大学

2024 年度　一般選抜　化学

（2 科目　120 分）

解答に際しての注意事項

①必要があれば、次の原子量および数値を用いよ。

H=1.00　C=12.0　N=14.0　O=16.0　Na=23.0　Al=27.0　Cl=35.5　Ca=40.0

気体定数：$R = 8.3 \times 10^3$ Pa·L/(K·mol)、ファラデー定数：$F = 9.65 \times 10^4$ C/mol

②気体を扱う計算では、すべて理想気体として考えよ。

I 次の各問いに答えよ。ただし、問 1〜問 15 の答は、すべてマークシート式解答用紙の 1〜15 のマーク欄にマークせよ。

問 1　次の記述①〜⑤のうち、<u>誤りを含むもの</u>をすべて選べ。解答はア〜シから選べ。

① 2 種類以上の液体混合物を、沸点の差を利用して、それぞれの成分に分離する操作のことを分留という。

② 融点の差を利用して、固体物質に含まれる少量の不純物を除いて純粋な結晶を得る操作を再結晶という。

③ 固体が直接気体になる性質を利用して、物質を分離する操作を昇華法という。

④ 互いに溶けあわない 2 種類の溶媒に対する溶解度の差を利用して、混合物から特定の物質を分離する操作を抽出という。

⑤ ろ紙やシリカゲルに対する浸透圧の差を利用して、混合物の成分を分離する操作をクロマトグラフィーという。

ア ①のみ　イ ②のみ　ウ ③のみ　エ ④のみ　オ ⑤のみ　カ ①と②

キ ①と③　ク ①と⑤　ケ ②と③　コ ②と⑤　サ ③と④　シ ④と⑤

問 2　元素 X の原子には 2 種類の同位体が存在する。同位体のひとつは ^{79}X（相対質量 78.9）である。また、同位体のもうひとつは ^{79}X よりも中性子を 2 個多くもつ。それぞれの存在比が 50.7% ならびに 49.3% であるとき、^{79}X ではない方の同位体の相対質量ならびに元素 X の原子量の組み合わせとして最も適切なものはどれか。次のア〜ケから選べ。

	ア	イ	ウ	エ	オ	カ	キ	ク	ケ
^{79}X ではない方の同位体の相対質量	80.9	80.9	80.9	81.9	81.9	81.9	82.9	82.9	82.9
元素 X の原子量	79.9	80.4	80.9	79.9	80.4	80.9	79.9	80.4	80.9

問 3　次の記述①〜⑤のうち、誤りを含むものをすべて選べ。解答はア〜シから選べ。

① 電気陰性度の差が大きい 2 つの原子間の共有結合は極性を持つ。

② 二酸化炭素分子中の C=O 結合は極性をもたない。

③ 極性の大きい分子は、極性の大きい溶媒によく溶ける。

④ 極性分子は、分子量が同程度の無極性分子より融点が高い傾向にある。

⑤ 水素原子と、水素原子より電気陰性度の小さい原子が結合した分子は水素結合をつくる。

ア ①のみ　イ ②のみ　ウ ③のみ　エ ④のみ　オ ⑤のみ　カ ①と②

キ ①と⑤　ク ②と③　ケ ②と⑤　コ ③と④　サ ③と⑤　シ ④と⑤

問 4　Na^+、F^-、Mg^{2+}、O^{2-}、Al^{3+} のイオン半径を大きい順に並べた順序として正しいものはどれか。解答はア〜カから選べ。

ア　$O^{2-} > F^- > Na^+ > Mg^{2+} > Al^{3+}$　　イ　$O^{2-} > F^- > Al^{3+} > Mg^{2+} > Na^+$

ウ　$F^- > O^{2-} > Al^{3+} > Mg^{2+} > Na^+$　　エ　$F^- > O^{2-} > Na^+ > Mg^{2+} > Al^{3+}$

オ　$Al^{3+} > Mg^{2+} > Na^+ > F^- > O^{2-}$　　カ　$Al^{3+} > Mg^{2+} > Na^+ > O^{2-} > F^-$

問 5　次の①〜⑤のうち、ダイヤモンドと黒鉛（グラファイト）に共通する性質をすべて選べ。解答はア〜シから選べ。

① 共有結合の結晶である。

② 電気を通す。

③ 非常に硬い。

④ 網目状の平面構造をもつ。

⑤ 水に溶けにくい。

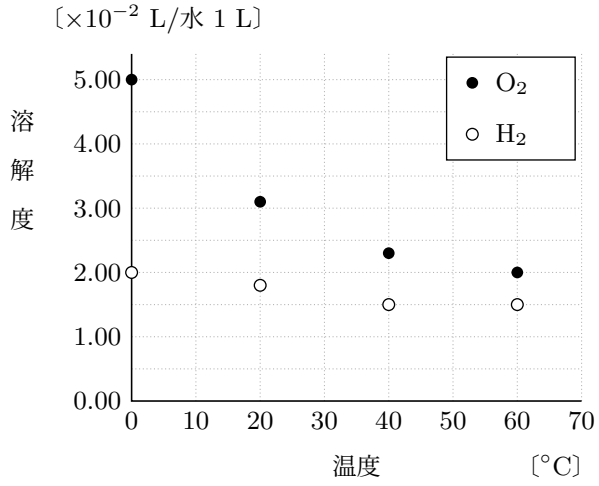
ア ①のみ　イ ②のみ　ウ ③のみ　エ ④のみ　オ ⑤のみ　カ ①と②

キ ①と③　ク ①と⑤　ケ ②と③　コ ②と⑤　サ ③と④　シ ④と⑤

問 6　銅を希硝酸に溶解させたときに発生する気体の名称と、その捕集法の組み合わせとして最も適切なものはどれか。解答はア～ケから選べ。

	気体の名称	捕集法
ア	水素	水上置換
イ	水素	上方置換
ウ	水素	下方置換
エ	一酸化窒素	水上置換
オ	一酸化窒素	上方置換
カ	一酸化窒素	下方置換
キ	二酸化窒素	水上置換
ク	二酸化窒素	上方置換
ケ	二酸化窒素	下方置換

問 7　下図は水素 H_2 と酸素 O_2 の溶解度（各気体を 1.013×10^5 Pa の圧力で水 1 L に接触させたときに水に溶解する各気体の量を 0 °C、1.013×10^5 Pa の下での体積として表したもの）と温度〔°C〕の関係のグラフである。



容積を変えることのできる容器に水 2.00 L と H_2 を入れ、容器内を 0 °C、1.013×10^5 Pa に保ち、H_2 を溶解度まで溶解させた。その後、容器内の温度と圧力を 60 °C、2.026×10^5 Pa にし、十分時間を経過させた。このとき、水から気体が発生した場合はそれを回収した。O_2 についても同じ実験を行い、水から気体が発生した場合はそれを回収した。水から発生した H_2 と O_2 の物質量〔$\times 10^{-3}$ mol〕の組み合わせとして最も適切なものをア～シから選べ。ただし、水の体積変化はないものとし、水の蒸気圧は無視できるものとする。

	H_2〔$\times 10^{-3}$ mol〕	O_2〔$\times 10^{-3}$ mol〕
ア	0	0.446
イ	0	0.893
ウ	0	1.34
エ	0	2.68
オ	0.223	0.446
カ	0.223	0.893
キ	0.223	1.34
ク	0.223	2.68
ケ	0.446	0.446
コ	0.446	0.893
サ	0.446	1.34
シ	0.446	2.68

問 8　下記の文章中の空欄 a と b に入る数値として正しい組み合わせをア～クから選べ。

1.86 g の酸化ナトリウムを水に溶解して 100 mL の水溶液を作製した。この水溶液の電気の通りやすさを測定しながら、 a mol/L のシュウ酸水溶液を滴下していった。シュウ酸水溶液を加えていくと電気伝導性が小さくなっていき、 b mL 添加した時点で最小になった。

※電解質のうち、H^+ や OH^- は溶液中での移動速度が大きく、他のイオンに比べて電気伝導性への寄与が圧倒的に大きい。このため水溶液の電気伝導性の大きさはほぼこの 2 つのイオンで決まると考えることができる。

	ア	イ	ウ	エ	オ	カ	キ	ク
a〔mol/L〕	0.20	0.20	0.30	0.30	0.30	0.40	0.60	0.60
b〔ml〕	100	200	50.0	100	300	300	100	300

問 9　次の記述①～⑤のうち誤りを含むものをすべて選べ。解答はア～シから選べ。

① 酸化還元反応の前後において、反応に関わる原子の酸化数の合計は必ず同じになる。

② 典型元素の原子の酸化数は、最外殻電子の数を超えない。

③ とりうる最低の酸化数をもつ原子は還元されやすい。

④ ハロゲン化物イオンと、それとは異なるハロゲン元素の単体では、どの組み合わせでも単体とイオンとの間で電子の授受が起こる。

⑤ 電池は酸化還元反応を利用している。

ア ①のみ　イ ②のみ　ウ ③のみ　エ ④のみ　オ ⑤のみ　カ ①と②

キ ①と③　ク ②と③　ケ ②と④　コ ③と④　サ ③と⑤　シ ④と⑤

問 10　右図は水の飽和蒸気圧曲線のグラフである。容積 8.30 L の容積変化のない密閉容器を用意し、水蒸気と窒素からなる温度 110 ℃の混合気体で満たしたのち、容器を密閉した。容器全体をゆっくりと冷却したところ、75 ℃で容器内に水滴ができ始めた。

① 下線部において、水蒸気の分圧は何 Pa か。

② 容器全体を 30 ℃まで冷却したとき、容器内で凝縮する水は何 g か。

①、②の答えの組み合わせとして最も適切なものをア～ケから選べ。ただし、気体は蒸気圧により凝縮する点以外は理想気体とみなし、蒸気の過飽和はないものとする。

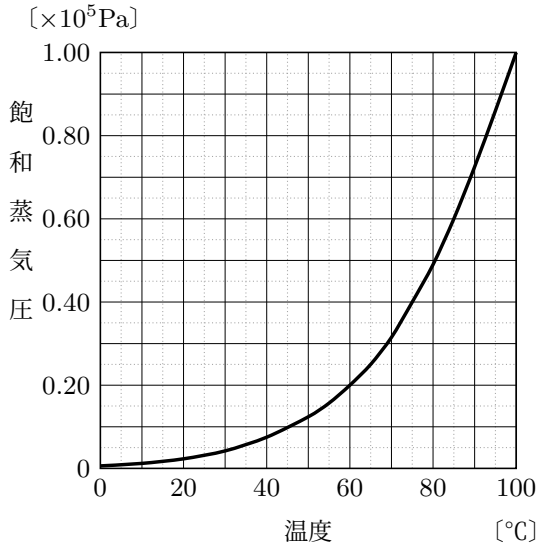


図　水の飽和蒸気圧曲線

	①〔Pa〕	②〔g〕
ア	4.40×10^4	1.65
イ	4.40×10^4	1.77
ウ	4.40×10^4	2.07
エ	4.60×10^4	1.65
オ	4.60×10^4	1.77
カ	4.60×10^4	2.07
キ	4.80×10^4	1.65
ク	4.80×10^4	1.77
ケ	4.80×10^4	2.07

問 11　ナトリウムに関する次の記述ア～カのうち、誤りを含むものを 1 つ選べ。

ア　単体は、石油中に保存する。

イ　単体は、塩化物の溶融塩電解によって得ることができる。

ウ　水酸化物は、空気中の二酸化炭素を吸収して、炭酸塩に変化する。

エ　水酸化物は、風解性を示す。

オ　炭酸塩は、ガラスの原料に用いられる。

カ　炭酸水素塩は、ベーキングパウダーとして利用される。

問 12　アルミニウムの燃焼の熱化学方程式は、$4\mathrm{Al} + 3\mathrm{O_2} = 2\mathrm{Al_2O_3} + 3300\ \mathrm{kJ}$　である。アルミニウムの粉末を完全に燃焼させたときに発生する熱を利用して、24 ℃の金 100 g をすべて融解させたい。アルミニウムの燃焼で発生した熱量がすべて金の温度上昇および融解に使われたものとすると、少なくとも何 g のアルミニウム粉末が必要か。最も近い値をア～オから選べ。

ただし、金の融点を 1064 ℃、固体の金の比熱を 1.30×10^{-1} J/(g·K)、1 g の金を融解させるのに必要な熱量を 65.0 J/g とする。

ア 0.111　　イ 0.164　　ウ 0.443　　エ 0.655　　オ 0.845

問 13　化合物 A、B、ならびに C が関わる可逆反応は反応式 $\mathrm{A} + \mathrm{B} \rightleftharpoons 2\mathrm{C}$ で表すことができ、[A]：[B]：[C] ＝ 2：3：4 のとき平衡に達する。この化学反応の平衡定数は、正反応と逆反応の反応速度定数の比と一致する。正反応および逆反応の反応速度定数をそれぞれ k_1 および k_2 とするとき、$k_1 : k_2$ の比として正しいのはどれか。解答はア～シから選べ。

ア 16：5　　イ 8：5　　ウ 8：3　　エ 5：4　　オ 4：3　　カ 3：2

キ 2：3　　ク 3：4　　ケ 4：5　　コ 3：8　　サ 5：8　　シ 5：16

問 14　硫酸アルミニウム $Al_2(SO_4)_3$ と硫酸カリウム K_2SO_4 の濃い混合水溶液を冷却すると、1 種類の無色透明な正八面体の結晶 A が得られた。以下の①、②の答えの組み合わせとして正しいものをア～ケから選べ。

① A の名称は何か。

② 結晶 A を水に溶かして、得られた水溶液を用いて、以下の実験 a～c を行った。実験の結果を正しく記述しているものを 1 つ選べ。

a　水酸化ナトリウム水溶液を過剰に加えると白色の沈殿が生成した。

b　アンモニア水を加えると白色の沈殿が生成した。

c　硫化水素水を加えると黒色の沈殿が生成した。

	①	②
ア	アルミナ	a
イ	アルミナ	b
ウ	アルミナ	c
エ	重曹	a
オ	重曹	b
カ	重曹	c
キ	ミョウバン	a
ク	ミョウバン	b
ケ	ミョウバン	c

問 15　次の①～⑤の化合物のうち、臭素と暗所で反応し、臭素の赤褐色が消えるものをすべて選べ。解答はア～シから選べ。

① ベンゼン　② エタン　③ エチレン　④ アセチレン　⑤ シクロヘキサン

ア ①のみ　イ ②のみ　ウ ③のみ　エ ④のみ　オ ⑤のみ　カ ①と②

キ ①と③　ク ①と⑤　ケ ②と③　コ ②と⑤　サ ③と④　シ ④と⑤

II 高分子化合物に関する次の記述を読み、以下の問いに答えよ。ただし、問 16〜問 20 の答は、すべてマークシート式解答用紙の 16〜20 のマーク欄にマークせよ。

衣類や容器など、合成高分子化合物は我々の身近でさまざまな形で役立っている。合成高分子化合物は主に石油から得られる比較的構造の簡単な (a) 低分子量の化合物（モノマー）が重合してできたポリマーで、分子量がおよそ 1 万以上の物質である。一般に高分子化合物の構造には、分子が規則正しく配列している結晶部分と、無秩序に並んだ非結晶構造とが混じっている。構造が均一ではない理由の一つはポリマーの重合度合いに幅があるためである。合成高分子化合物は、用途により合成樹脂、合成繊維、合成ゴムなどに分類される。

＜合成樹脂＞　合成樹脂には［ 1 ］樹脂と［ 2 ］樹脂とがある。前者は［ 3 ］で、加熱しても軟化しないのに対し、後者は［ 4 ］であることが多く、軟化点をもつ。

イオン交換樹脂は、酸性または塩基性の基をもつ多孔質の合成樹脂で、電解質水溶液中において樹脂から電離したイオンと、水溶液中に存在する［ 5 ］の別のイオンとが入れかわる。

＜合成繊維＞　ジアミンとジカルボン酸の縮合重合により生成される繊維をポリアミド系合成繊維という。(b) ナイロン 66 はヘキサメチレンジアミンとアジピン酸の縮合重合によって作られるポリアミド系合成繊維であり、さらに［ 2 ］樹脂の一種としても用いられる。

問 16　文中の［ 1 ］〜［ 5 ］に入る適切な語句の組み合わせとして正しいのはどれか。

	1	2	3	4	5
ア	熱硬化性	熱可塑性	網目状構造	鎖状構造	同符号
イ	熱硬化性	熱可塑性	網目状構造	鎖状構造	異符号
ウ	熱硬化性	熱可塑性	鎖状構造	網目状構造	同符号
エ	熱硬化性	熱可塑性	鎖状構造	網目状構造	異符号
オ	熱可塑性	熱硬化性	網目状構造	鎖状構造	同符号
カ	熱可塑性	熱硬化性	網目状構造	鎖状構造	異符号
キ	熱可塑性	熱硬化性	鎖状構造	網目状構造	同符号
ク	熱可塑性	熱硬化性	鎖状構造	網目状構造	異符号

問 17　下線 (a) について、重合したモノマーの質量の合計と、重合されてできたポリマーの質量とが同じではない高分子化合物を①〜⑤からすべて選べ。解答はア〜シから選べ。ただし、ポリマーの重合度は十分に大きく、その末端の構造は無視できるものとする。

①ビニロン　②フェノール樹脂　③ポリエチレン　④ナイロン 6　⑤ブタジエンゴム

ア ①のみ　イ ②のみ　ウ ③のみ　エ ④のみ　オ ⑤のみ　カ ①と②

キ ①と⑤　ク ②と③　ケ ②と④　コ ③と④　サ ③と⑤　シ ④と⑤

問 18　下線 (b) について、ナイロン 66 に関する記述として正しいものをすべて選べ。解答はア〜シから選べ。

① 強度、耐熱性に優れ、防弾チョッキや安全手袋に使用される。

② 綿とよく似た性質を持ち、適度な吸湿性を示す。

③ 肌触りが羊毛に似て保温性に優れる。

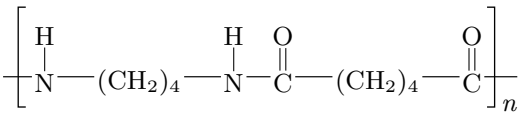
④ 触感が絹に似ておりストッキングなどに用いられる。

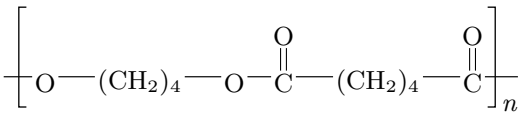
⑤ 1935 年にアメリカ人によって初めて発明された。

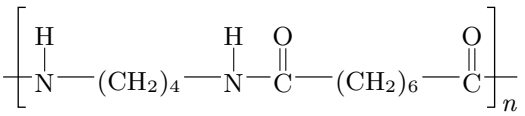
ア ①のみ　イ ②のみ　ウ ③のみ　エ ④のみ　オ ⑤のみ　カ ①と②

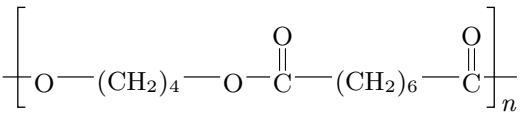
キ ①と③　ク ①と⑤　ケ ②と③　コ ②と⑤　サ ③と④　シ ④と⑤

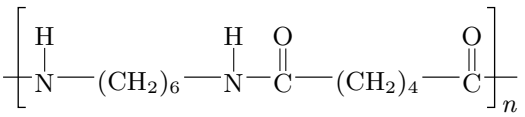
問 19　下線 (b) について、ナイロン 66 の構造式として正しいものはどれか。解答はア～クから選べ。

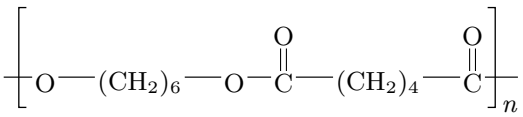
ア 

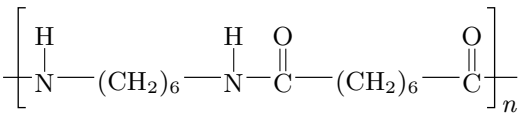
イ 

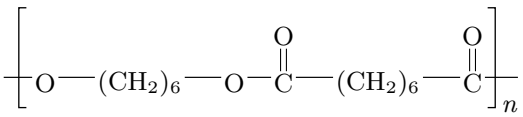
ウ 

エ 

オ 

カ 

キ 

ク 

問 20　下線 (b) について、平均分子量が 2.40×10^4 のナイロン 66 を合成したとき、生成される水は 1 mol のナイロン 66 あたり何 mol か。ただし、ナイロン 66 の末端の構造は無視できるものとする。最も近い値をア～シから選べ。

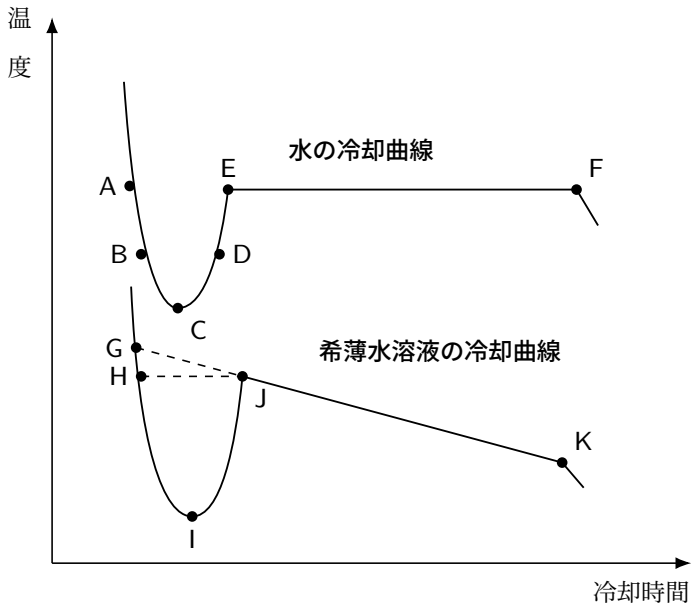
ア 94.0　　イ 95.0　　ウ 104　　エ 106　　オ 120　　カ 121

キ 188　　ク 190　　ケ 208　　コ 212　　サ 240　　シ 242

III 次の文を読み、以下の問いに答えよ。解答は、記述用解答用紙の所定の位置に書け。

水と、溶質 X を含む希薄水溶液（以下、希薄水溶液と略す）の冷却曲線をそれぞれ測定したところ、右図のような結果が得られた。希薄水溶液の凝固点降下度 Δt は 0.150 K であった。

一般に、溶液の凝固点 t_1〔K〕は純粋な溶媒の凝固点 t_0〔K〕よりも低くなる。これは溶媒の凝固が溶質によって妨げられるためである。低濃度の溶液では、$(t_0 - t_1)$ は溶液の（ あ ）に比例し、その比例定数は（ い ）とよばれる。（ い ）は溶質の種類によらず溶媒のみに依存し、水の場合は 1.85 K·kg/mol である。また、それぞれの冷却曲線において C や I のような状態は（ う ）とよばれる。



問 1　文中の（ あ ）、（ い ）、（ う ）にあてはまる語句を書け。

問 2　希薄水溶液の凝固点と見なされるべき点を図中の記号で答えよ。

問 3　次の①～③の記述の正誤の組み合わせとして正しいものをア～クから選べ

① E—F 間で温度変化が見られなかったのは、水が凝固して熱が発生したからである。

② J—K 間で温度が一定にならず徐々に下がり続けるのは、水が徐々に凝固して溶液の濃度が大きくなり、凝固点降下度が小さくなったためである。

③ I － J 間で温度が上昇しているのは、液体から固体への状態変化に伴い凝固熱が一気に放出されるからである。

	ア	イ	ウ	エ	オ	カ	キ	ク
①	正	正	正	正	誤	誤	誤	誤
②	正	正	誤	誤	正	正	誤	誤
③	正	誤	正	誤	正	誤	正	誤

問 4　水の蒸発熱と昇華熱はそれぞれ 41.0 kJ/mol、47.0 kJ/mol である。液体の水が氷に変化する際の熱化学方程式を示せ。

問 5　0 ℃の液体の水 120 g をすべて 0 ℃の氷にするときに放出される熱量〔kJ〕を有効数字 3 桁で求めよ。問 4 の結果を用いてよい。

問 6　溶質 X は塩化カルシウム（無水塩）であった。水 120 g に溶解された塩化カルシウム（無水塩）は何 g か。有効数字 3 桁で求めよ。ただし、塩化カルシウムは水溶液中で完全に電離しているものとする。

IV 次の文を読み、以下の問いに答えよ。解答は、記述用解答用紙の所定の位置に書け。

化合物 A は分子式 $C_{18}H_{18}O_4$ の芳香族化合物である。次のような実験を行った。

1 mol の化合物 A を完全に加水分解すると、化合物 B、C、D がそれぞれ 1 mol ずつ得られた。化合物 B、C、D はそれぞれ単体のナトリウムと反応し、水素を発生した。

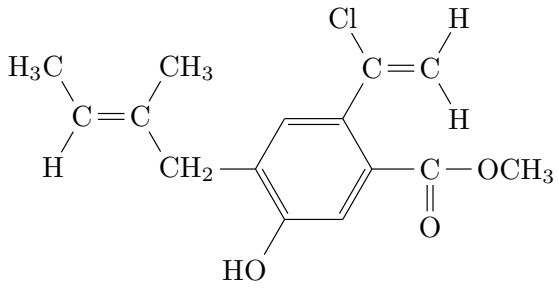
化合物 B に十分な量の臭素水を反応させると、分子式 $C_6H_3Br_3O$ である化合物 E が得られた。また、化合物 B に濃硝酸と濃硫酸の混合物（混酸）を加えて加熱すると、爆薬の原料として知られる化合物 F が得られた。

化合物 C は *p*-キシレンを酸化することによっても得られる。化合物 C とエチレングリコールの縮合重合によって、高分子化合物 G が得られた。

化合物 D には、構造異性体が複数存在する。化合物 D をおだやかに酸化すると、化合物 H が得られた。化合物 H はフェーリング液を還元しなかった。

問 1　化合物 A、D、E の構造式を例にならって書け。

例



問 2　化合物 B、F、H の名称を書け。

問 3　重合度を n として、下線部の反応式を書け。ただし、重合度は十分に大きく、末端の構造は無視できるものとする。

問 4　化合物 D の構造異性体の数は、D を除いていくつあるか。