

# 化 学 問 題

(この問題は5題からなっている)

## 受験についての注意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはならない。
2. 解答用紙への記入には、必ず**HB**の黒鉛筆を使用しなさい。
3. 解答用紙を折り曲げたり、破いたり、汚したりしてはならない。採点が不可能になる。
4. 合図があったら、解答用紙の左上部の空欄に**受験番号**を記入しなさい。
5. 試験中にページの脱落等気づいた場合は、手をあげて監督者に知らせなさい。解答用紙の汚れ等気づいた場合も、同様に知らせなさい。
6. 解答は解答用紙の指定された場所に記入し、その他の部分には何も書いてはならない。裏面にも何も書いてはならない。
7. 解答にあたっては、マークすることを要求された欄をマーク例に従ってぬりつぶしなさい。  
たとえば、aにマークするときは、 $\overset{a}{\bullet}\overset{b}{\circ}\overset{c}{\circ}$ のようにマークする。
8. 一度記入したマークを消す場合には、消しゴムできれいに消さねばならない。×をつけても消したことはない。
9. 計算や下書きは、問題冊子の余白を利用しなさい。
10. 計算機を使用してはならない。また、携帯電話やスマートフォンなどの通信機器は、必ず電源を切って鞆の中にしまいなさい。
11. 不正行為に対しては厳正に対処する。不正行為を行った場合、その時点で化学の受験を停止とし、英語および数学の試験も受験できない。
12. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰りなさい。

マーク例

良	不良
●	● <del>×</del> ○

**1** 問1～問8に答えなさい。

問1 周期表と元素に関する記述 a～eのうち、正しいものを2つ選びなさい。

- a 同一周期の元素では、原子番号の大きい原子ほど陽イオンになりやすい。
- b 典型元素はすべて非金属元素である。
- c 同族の典型元素は同数の価電子をもつ。
- d 3～11族の元素は遷移元素である。
- e すべての希ガス(貴ガス)元素の原子の最外殻電子数は8個である。

問2 同位体に関する記述 a～eのうち、誤っているものを2つ選びなさい。

- a 同位体の化学的性質はほぼ同じである。
- b 互いに同位体である原子は、電子の数が異なる。
- c 互いに同位体である原子は、中性子の数が同じである。
- d 原子量は、元素を構成する各同位体の相対質量に存在比をかけて求めた平均値である。
- e 同位体の中には放射線を放って他の原子に変化するものがある。

問3 イオンに関する記述 a～eのうち、誤っているものを2つ選びなさい。

- a 原子がイオンになるときに放出したり受け取ったりした電子の数をイオンの価数という。
- b イオン結晶は固体の状態で電気を通す。
- c オキソニウムイオン  $\text{H}_3\text{O}^+$  の形は正四面体形である。
- d 塩化物イオンの半径は、塩素原子の半径よりも大きい。
- e カリウム原子の半径は、カリウムイオンの半径よりも大きい。

問4 分子a～eのうち、分子を構成する原子間の結合が二重結合のみからなるものを1つ選びなさい。

- |         |        |     |
|---------|--------|-----|
| a 窒素    | b ベンゼン | c 水 |
| d 二酸化炭素 | e エチレン |     |

問5 化合物a～eのうち、その水溶液が塩基性を示すものをすべて選びなさい。

- |                             |                    |                   |
|-----------------------------|--------------------|-------------------|
| a $\text{NH}_4\text{Cl}$    | b $\text{NaHCO}_3$ | c $\text{NaNO}_3$ |
| d $\text{CH}_3\text{COONa}$ | e $\text{KHSO}_4$  |                   |

問6 記述a～eのうち、マグネシウムとカルシウムの両方にあてはまるものを2つ選びなさい。

- a 2価の陽イオンとなる。
- b 炎色反応を示す。
- c 単体は常温で水と反応する。
- d 硫酸塩は水に溶けにくい。
- e 炭酸塩は水に溶けにくい。

問7 単体a～eのうち、塩酸を加えると水素を発生して溶けるものをすべて選びなさい。

- |     |      |     |
|-----|------|-----|
| a 銀 | b 銅  | c 鉄 |
| d 金 | e 亜鉛 |     |

問8 日常生活に関わる物質の記述 a～e のうち、正しいものを2つ選びなさい。

- a チタンは、軽くて硬く耐食性に優れているため、メガネのフレームなどに利用される。
- b ステンレス鋼は、鉄とアルミニウムの合金であり、さびにくいため流し台などに用いられる。
- c 炭酸ナトリウムは、水を加えると固まる性質を持ち、医療用ギプスや建築材料などに利用される。
- d 硫酸バリウムは、水に溶けにくく X 線を透過させにくい性質をもつため、胃や腸の X 線検査の造影剤に用いられる。
- e ポリエチレンは、単結合と二重結合を交互にもつ高分子化合物であり、包装材や容器などに用いられる。

2 問1～問4に答えなさい。

問1 実用電池 a～fのうち、二次電池に分類されるものを2つ選びなさい。

- a 酸化銀電池      b マンガン乾電池      c ニッケル・カドミウム電池  
d 鉛蓄電池      e リチウム電池      f アルカリマンガン乾電池

問2 硫酸カリウムアルミニウム  $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2$  の水溶液 (A 液) に十分な量の塩化バリウム水溶液を加えたところ、A 液中のすべての硫酸イオンが硫酸バリウム  $\text{BaSO}_4$  として沈殿した。沈殿した  $\text{BaSO}_4$  の質量が 6.99 g であったとき、A 液に含まれる  $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2$  の質量 [g] はいくらか。最も近い数値を a～f から選びなさい。ただし、 $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2$  の式量は 258、 $\text{BaSO}_4$  の式量は 233 とする。

- a 3.16      b 3.87      c 6.31  
d 7.74      e 12.6      f 15.5

問3 実験ⅠとⅡに関する記述を読み、(1)～(3)に答えなさい。

実験Ⅰ： 1.00 mol/L の塩酸 10 mL を<sup>ア</sup>ホールピペットで量りとり、<sup>イ</sup>メスフラスコに入れた。これに純粋な水を加えて 500 mL とし、 $2.00 \times 10^{-2}$  mol/L の塩酸をつくった。

実験Ⅱ： 濃度のわからない水酸化バリウム水溶液 (B 液) 25.0 mL をホールピペットで量りとり、<sup>ウ</sup>コニカルビーカーに入れ、さらにメチルオレンジを指示薬として加えた。これに<sup>エ</sup>ビュレットから  $2.00 \times 10^{-2}$  mol/L の塩酸を滴下し、振り混ぜる操作を繰り返した。 $2.00 \times 10^{-2}$  mol/L の塩酸を 15.0 mL 滴下したところで、水溶液の色が黄色から赤色に変化した。さらに、<sup>オ</sup>ビュレットから  $2.00 \times 10^{-2}$  mol/L の塩酸を 10.0 mL 滴下し、振り混ぜた。

(1) この実験で用いるガラス器具が純粋な水でぬれていたとき、そのガラス器具の使い方として正しい記述を a～d から 1 つ選びなさい。

- a 下線アのホールピペットは、純粋な水でぬれているまま用いてよい。
- b 下線イのメスフラスコは、1.00 mol/L の塩酸でよくすすいでから用いる。
- c 下線ウのコニカルビーカーは、B 液でよくすすいでから用いる。
- d 下線エのビュレットは、 $2.00 \times 10^{-2}$  mol/L の塩酸でよくすすいでから用いる。

(2) B 液のモル濃度 [mol/L] はいくらか。最も近い数値を a～f から選びなさい。

- a  $1.25 \times 10^{-3}$                       b  $2.00 \times 10^{-3}$                       c  $2.50 \times 10^{-3}$
- d  $3.00 \times 10^{-3}$                       e  $4.00 \times 10^{-3}$                       f  $6.00 \times 10^{-3}$

(3) 下線オの操作の後に得られた水溶液の pH はいくらか。最も近い数値を a～f から選びなさい。ただし、水溶液の体積は 50.0 mL になったものとする。また、 $\log_{10} 2.0 = 0.30$  とし、水溶液中の塩化水素は完全に電離しているものとする。

- a 2.0                                      b 2.2                                      c 2.4
- d 2.6                                      e 2.8                                      f 3.0

問4 水溶液の電気分解に関する(1)と(2)に答えなさい。ただし、それぞれの水溶液には、電気分解を行うのに十分な量の溶質が溶けていたものとする。

- (1) 次の文の空欄 **ア** と **イ** にあてはまる語と数値の組合せ a～fのうち、正しいものを選びなさい。ただし、原子量は  $\text{Ag} = 108$  とする。また、ファラデー定数  $F$  は  $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$  とし、電気エネルギーはすべて電気分解に使われたものとする。

$\text{AgNO}_3$  水溶液を入れた電解槽に2枚の銀電極を浸して、2.00 Aの一定電流を386秒間通じて電気分解を行ったところ、**ア** 極の銀電極表面にAgが **イ** g析出した。

	ア	イ
a	陽	0.216
b	陽	0.432
c	陽	0.864
d	陰	0.216
e	陰	0.432
f	陰	0.864

- (2) 電気分解 a～eのうち、両極で気体が発生するものを2つ選びなさい。

- a  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  水溶液を入れた電解槽に、2枚の白金電極を浸して電気分解を行った。
- b  $\text{H}_2\text{SO}_4$  水溶液を入れた電解槽に、2枚の白金電極を浸して電気分解を行った。
- c KI 水溶液を入れた電解槽に、2枚の白金電極を浸して電気分解を行った。
- d NaOH 水溶液を入れた電解槽に、2枚の白金電極を浸して電気分解を行った。
- e  $\text{CuCl}_2$  水溶液を入れた電解槽に、陽極として炭素電極を、陰極として白金電極を浸して電気分解を行った。

3 問1～問4に答えなさい。

問1 次の文の **ア** にあてはまる数値として最も近いものを a～f から選びなさい。

結晶を構成する粒子を、それぞれ気体状の原子、分子あるいはイオンに分けて、ばらばらにするのに必要なエネルギーを格子エネルギーという。しかし、LiCl のようなイオン結晶は加熱してもイオンを完全に気体にするには難しいので、その値を実験で直接求めることはできない。そのため図1に示したいくつかの変化から、ヘスの法則を用いて間接的に格子エネルギーの値を求める。Cl(気)の電子親和力を 349 kJ/mol、Cl<sub>2</sub>(気)の結合エネルギーを 244 kJ/mol、Li(固)の昇華熱を 159 kJ/mol、Li(気)のイオン化エネルギーを 520 kJ/mol、LiCl(固)の生成熱を 402 kJ/mol とすると、LiCl(固)の格子エネルギーは **ア** kJ/mol と計算される。

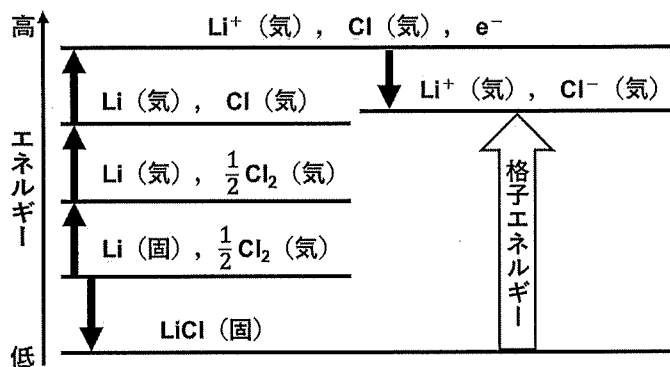


図1

a 512

b 634

c 854

d 976

e 1552

f 1674



問2 純物質の状態は、温度と圧力で決まる。物質がさまざまな温度と圧力のもとでどのような状態をとるかを示した図を状態図と呼び、図2は水の状態図、図3は二酸化炭素の状態図である。水と二酸化炭素の性質に関する記述 a～fのうち、水と二酸化炭素のどちらか一方にしかあてはまらないものを2つ選びなさい。

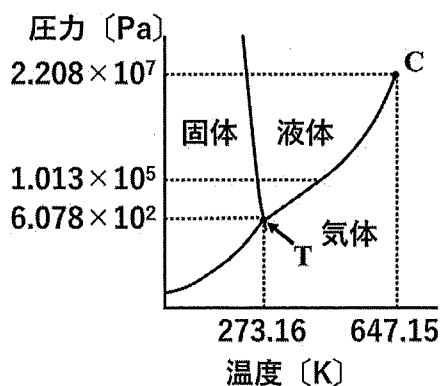


図2 水の状態図

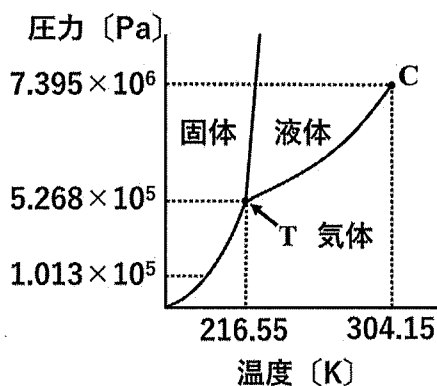


図3 二酸化炭素の状態図

- a  $1.013 \times 10^5$  Paのもとで固体の状態にあるものを、圧力を保ったまま温度を上げると、固体→液体→気体の順に変化する。
- b 三重点(点 T)より低い圧力のもとでは、いかなる温度でも液体は存在しない。
- c 蒸気圧曲線、融解曲線、昇華圧曲線上では、各曲線の両側の状態が共存している。
- d 臨界点(点 C)を超えない圧力の範囲では、圧力を上げると沸点が高くなる。
- e 温度と圧力が臨界点(点 C)を超えると、気体とも液体とも区別のつかない超臨界流体になる。
- f 固体と液体が共存している状態で、温度を保ったまま圧力を上げると、液体が固体に変化する。

問3 不揮発性の1価の弱酸の希薄な水溶液の凝固点降下度は $\Delta T$  [K]であった。この弱酸水溶液の濃度を $c$  [mol/kg]、水のコル凝固点降下を $K_f$  [K・kg/mol]としたとき、この弱酸の電離度 $\alpha$ を示す式として正しいものa～fから選びなさい。

- a  $\frac{\Delta T}{cK_f} + 1$       b  $\frac{\Delta T}{cK_f}$       c  $\frac{\Delta T}{cK_f} - 1$   
d  $\frac{cK_f}{\Delta T} + 1$       e  $\frac{cK_f}{\Delta T}$       f  $\frac{cK_f}{\Delta T} - 1$

問4 次の文を読み、(1)～(3)に答えなさい。

圧力の単位 [Pa] は、単位面積あたりにかかる力として定義され、1 Pa は  $1 \text{ m}^2$  あたり 1 N (ニュートン) の力がかかっているときの圧力に相当する ( $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ )。また、1 N は、質量 1 kg の物体に  $1 \text{ m/s}^2$  の加速度を生じさせる力の大きさであり、 $1 \text{ N} = 1 \text{ m kg/s}^2$  と表される。地上では、物体に  $9.8 \text{ m/s}^2$  の加速度 (重力加速度) を生じさせる力 (重力) が働いており、質量  $Z$  [kg] の物体に働く重力は、 $Z$  [kg]  $\times 9.8 \text{ m/s}^2 = 9.8 Z$  [N] である。

- (1) 一定温度のもとで、図4に示したU字管に水 (密度  $1.0 \text{ g/cm}^3$ ) を入れ、左側の管の液面に一定の力を加えたところ、図に示したように左側と右側の管の液面の高さに差が生じた。このとき、 $H$  [m] の高さの水柱に働く重力 [N] を示す式として正しいものを a～f から選びなさい。ただし、U字管の内側の断面積を  $S$  [ $\text{m}^2$ ] とする。

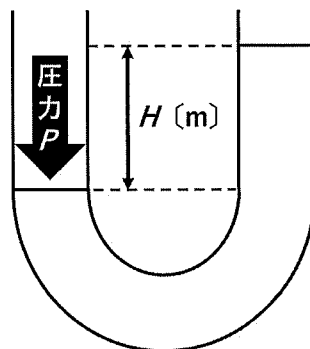


図4

- a  $(9.8 \times 10^{-3})SH$       b  $(9.8 \times 10^{-2})SH$       c  $(9.8 \times 10^{-1})SH$   
d  $(9.8 \times 10)SH$       e  $(9.8 \times 10^2)SH$       f  $(9.8 \times 10^3)SH$

(2) 図4の圧力  $P$  は、高さ  $H$  [m] の水柱に働く重力による圧力とつり合っている。圧力  $P$  [Pa] を示す式として正しいものを a ~ f から選びなさい。

- a  $(9.8 \times 10)H$       b  $(9.8 \times 10^2)H$       c  $(9.8 \times 10^3)H$   
 d  $(9.8 \times 10^4)H$       e  $(9.8 \times 10^5)H$       f  $(9.8 \times 10^6)H$

(3) 半透膜を固定した U 字管の左側に水を、右側に塩化カルシウムの希薄な水溶液を、液面の高さが等しくなるように入れ、27°C で長時間放置したところ、水分子だけが半透膜を通して右の水溶液側に浸透し、図5に示したように左右の液面の高さに 7.6 cm の差が生じた。(i) と (ii) に答えなさい。

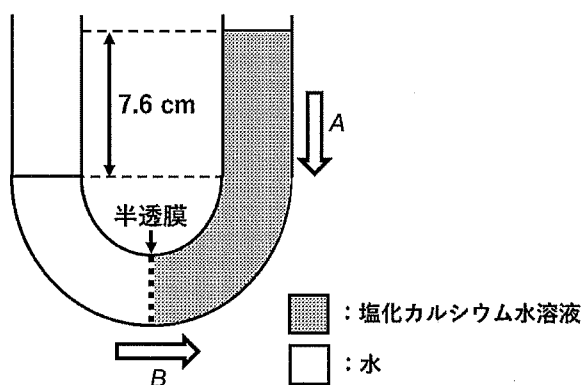


図5

(i) 7.6 cm の高さの塩化カルシウム水溶液柱に働く重力による圧力  $A$  は何 Pa か。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。ただし、長時間放置後の塩化カルシウム水溶液の密度は  $1.0 \text{ g/cm}^3$  とする。

- a 7.4      b  $7.4 \times 10$       c  $7.4 \times 10^2$   
 d  $7.4 \times 10^3$       e  $7.4 \times 10^4$       f  $7.4 \times 10^5$

(ii) 図5に示した状態では、水が半透膜を通過して浸透しようとする圧力  $B$  [Pa] は 7.6 cm の高さの塩化カルシウム水溶液柱に働く重力による圧力  $A$  [Pa] とつり合っている。このとき、塩化カルシウム水溶液のモル濃度 [mol/L] はいくらか。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。ただし、U字管の右側の塩化カルシウム水溶液中の塩化カルシウムはすべて電離しており、この水溶液の浸透圧 (= 圧力  $B$ ) は、電離によって生じるすべての溶質粒子 (イオン) のモル濃度と絶対温度に比例しているものとする。また、気体定数  $R$  は  $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$  とする。

- |   |                      |   |                      |   |                      |
|---|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|
| a | $1.0 \times 10^{-4}$ | b | $1.5 \times 10^{-4}$ | c | $3.0 \times 10^{-4}$ |
| d | $1.5 \times 10^{-3}$ | e | $3.0 \times 10^{-3}$ | f | $6.0 \times 10^{-3}$ |

4 問1～問7に答えなさい。ただし、原子量はH=1.0, C=12, N=14, O=16とする。

問1 環式構造およびエーテル結合をもつ分子式  $C_4H_8O$  の化合物には、何種類の構造異性体があるか。a～eから選びなさい。ただし、立体異性体は考えないものとする。

a 4                  b 5                  c 6                  d 7                  e 8

問2 化合物Aは炭素、水素、酸素だけからなる分子量100未満の化合物であり、炭素-炭素二重結合をもたない。Aはヨードホルム反応を示した。Aを元素分析したところ、成分元素の質量百分率は、炭素69.7%、水素11.7%、酸素18.6%であった。Aには何種類の構造が考えられるか。a～eから選びなさい。ただし、立体異性体は考えないものとする。

a 1                  b 2                  c 3                  d 4                  e 5

問3 臭素を付加させると不斉炭素原子をもつ化合物を生じるものを，a～eから2つ選びなさい。

- a 臭化ビニル            b プロピン            c 2-メチルプロペン  
d シス-2-ブテン        e シクロペンテン

問4 ペンタン，ジエチルエーテル，1-ブタノールに関する記述a～eのうち，誤っているものを2つ選びなさい。

- a いずれも常温(25℃)・常圧で液体である。  
b 沸点は1-ブタノールが最も高い。  
c 単体のナトリウムと反応して水素を発生するのは，1-ブタノールだけである。  
d ペンタンとジエチルエーテルは水と混じらないが，1-ブタノールは水と任意の割合で混じる。  
e 1 molの分子を完全に燃焼させるとき，生成する水分子の数が最も少ないのはペンタンである。

- 問5 5種類の化合物(アニリン, グリシン, *o*-クレゾール, サリチル酸, ナフタレン)の混合物を図1に従って分離した。記述a~eのうち, 誤っているものを2つ選びなさい。

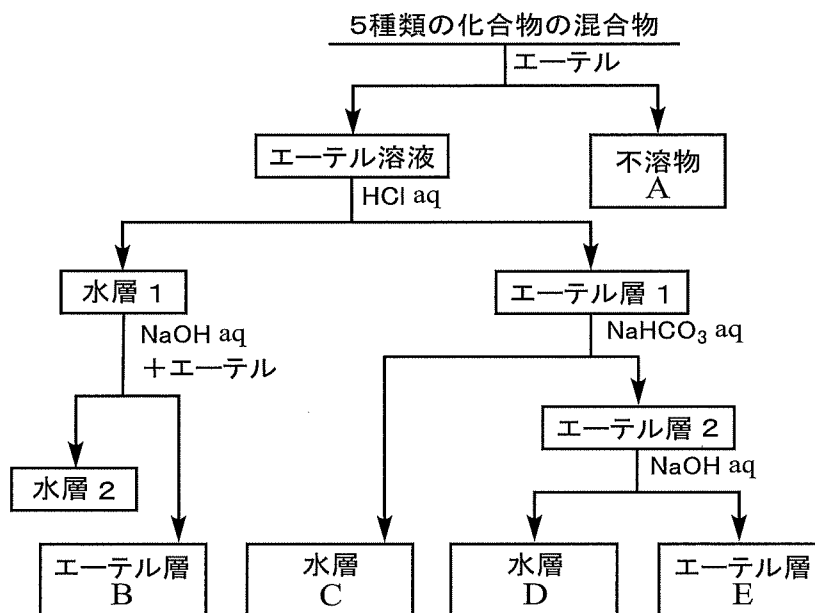


図1

- a 5種類の化合物の混合物にエーテルを加えたとき, 不溶物Aとして分離されるのはアニリンである。
- b エーテル層Bに最も多く移行する化合物の分子量を整数で表すと, 奇数になる。
- c 水層Cに最も多く移行する化合物は, 塩化鉄(III)水溶液により呈色する。
- d 水層Dに最も多く移行する化合物にニンヒドリン水溶液を加えて温めると, 紫色に呈色する。
- e エーテル層Eに最も多く移行する化合物は, 昇華性を示す。

問6 図2は

ノ

ニトロフェノールからアセトアミノフェンを合成する反応経路を示している。(1)～(3)に答えなさい。

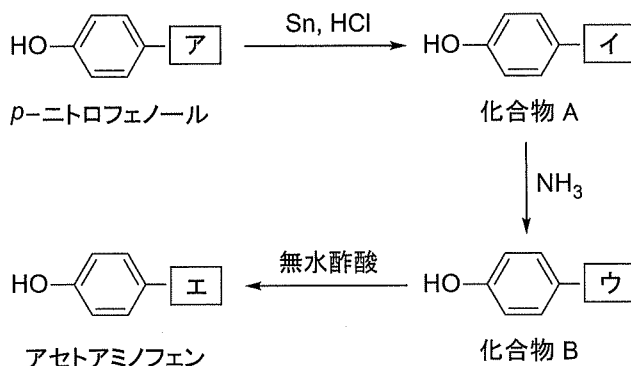


図2

(1) 化合物 A の構造式の イ にあてはまる置換基として正しいものを, a～e から 1つ選びなさい。

- a Cl                                      b SnCl                                      c OSnCl  
d NO<sub>2</sub>                                      e NH<sub>3</sub>Cl

(2) アセトアミノフェンの構造式の エ にあてはまる置換基として正しいものを, a～e から 1つ選びなさい。

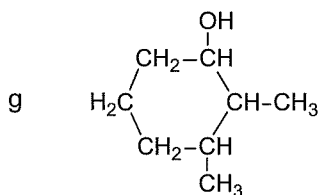
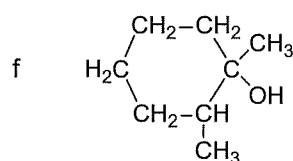
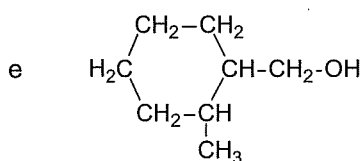
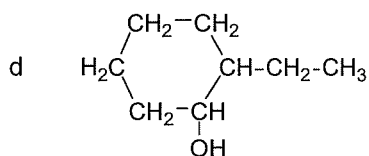
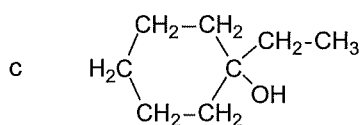
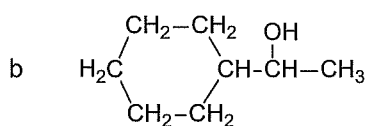
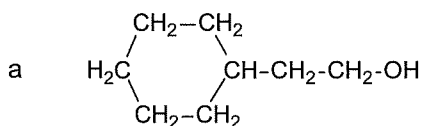
- a COCH<sub>3</sub>                                      b OCOOCH<sub>3</sub>                                      c OCOCH<sub>3</sub>  
d NHCOOCH<sub>3</sub>                                      e NHCOCH<sub>3</sub>

(3) 記述 a～eのうち, 誤っているものを2つ選びなさい。

- a p-ニトロフェノールは, フェノールを混酸と反応させて合成することができる。
- b p-ニトロフェノールから化合物 A を合成する反応では, Sn は酸化される。
- c 水をほとんど含まない高純度の酢酸を無水酢酸という。
- d アセトアミノフェンは, 酸性物質である。
- e アセトアミノフェンは, 化学療法薬として用いられる。



問7 化合物 A を脱水すると、化合物 B と C のみが得られた。化合物 B に水を付加させると、化合物 A と D が得られた。化合物 D を穏やかに酸化すると化合物 E が得られた。フェーリング液に化合物 E を加えて加熱すると、赤色沈殿を生じた。化合物 A の構造として適切なものを a～g から 1 つ選びなさい。ただし、立体異性体については考えないものとする。



5 問1と問2に答えなさい。

問1 セルロースに関する記述 a～fのうち、誤っているものを2つ選びなさい。

- a  $\beta$ -グルコース分子が縮合した多糖類で、水に溶けやすい。
- b 還元性を示さない。
- c 酵素セルラーゼで加水分解して得られるセロビオースは、ヘミアセタール構造をもつ。
- d ヨウ素デンプン反応で赤紫色を示す。
- e セルロースに濃硝酸と濃硫酸の混合物を反応させて合成されるトリニトロセルロースは、硝酸エステルである。
- f シュバイツァー（シュワイツァー）試薬に溶かした溶液を希硫酸中で細孔から押し出すと、銅アンモニアレーヨンが得られる。

問2 タンパク質に関する記述 a～fのうち、誤っているものを2つ選びなさい。

- a タンパク質は、多数の $\alpha$ -アミノ酸が縮合したポリペプチド構造をもつ高分子化合物である。
- b 単純タンパク質の元素組成のうち、最も質量百分率の高い元素は炭素である。
- c タンパク質を構成するアミノ酸の配列順序をタンパク質の一次構造という。
- d タンパク質は、SH基をもつ構成アミノ酸どうしがジスルフィド結合をつくるときに $\alpha$ -ヘリックス構造をとる。
- e  $\beta$ -シート構造は、水素結合により安定化されている。
- f キサントプロテイン反応は、タンパク質の構成アミノ酸にメチオニンなど、硫黄原子をもつアミノ酸が含まれると陽性になる。