

(2013年度)

1 化学問題 (90分)

(この問題冊子は22ページ，6問である。)

受験についての注意

1. 監督の指示があるまで，問題冊子を開いてはならない。
2. 試験開始前に，監督から指示があったら，解答用紙の右上の番号が自分の受験番号と一致することを確認し，所定の欄に氏名を記入すること。次に，解答用紙の右側のミシン目にそって，きれいに折り曲げてから，受験番号と氏名が書かれた切片を切り離し，机上に置くこと。
3. 監督から試験開始の指示があったら，この問題冊子が，上に記したページ数どおりそろっていることを確かめること。
4. 筆記具は，HかFかHBの黒鉛筆またはシャープペンシルに限る。万年筆・ボールペンなどを使用してはならない。時計に組み込まれたアラーム機能，計算機能，辞書機能などを使用してはならない。
5. 解答は解答用紙の各問の選択肢の中から正解と思うものを選んで，そのマーク欄をぬりつぶすこと。その他の部分には何も書いてはならない。
6. マークをするとき，マーク欄からはみ出したり，白い部分を残したり，文字や番号，○や×をつけてはならない。
7. 訂正する場合は，消しゴムでていねいに消すこと。消しきずはきれいに取り除くこと。
8. 解答用紙を折り曲げたり，破ったりしてはならない。
9. 試験時間中に退場してはならない。
10. 解答用紙を持ち帰ってはならない。
11. 問題冊子，計算用紙は必ず持ち帰ること。

解 答 上 の 注 意

- (1) 数値により解答する場合は、問に指定されているように解答すること。

答が0(ゼロ)の場合はa欄をマークせよ。

位取りは、以下のように小数点の位置を決めること。

$$0.30 \rightarrow 3.0 \times 10^{-1}$$

$$14 \rightarrow 1.4 \times 10^{+1}$$

$$17.8 \rightarrow 1.78 \times 10^{+1}$$

有効数字2桁で解答する場合は、次のようにマークすること。

記入例： $1.8 \times 10^{+1}$

a	1 の 桁	0.1 の 桁	指 数
a	●●●●●●●●●●	○●●●●●●●●●	●-○●●●●●●●●●

有効数字3桁で解答する場合は、次のようにマークすること。

記入例： $1.78 \times 10^{+1}$

a	1 の 桁	0.1 の 桁	0.01 の 桁	指 数
a	●●●●●●●●●●	○●●●●●●●●●	○●●●●●●●●●	●-○●●●●●●●●●

指数が0の場合は正負の符号はつけない。

指	数
○-	●●●●●●●●●●

- (2) 計算を行う場合、必要ならば次の値を用いよ。

原子量 H : 1.0 He : 4.0 C : 12 N : 14 O : 16

S : 32 Br : 80

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： $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

アボガドロ定数： $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$

1 atm = $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$

0 K(絶対零度) = -273°C

- (3) 気体は、すべて理想気体とする。
- (4) pH は、水素イオン指数である。
- (5) 問題文中のLは、リットルを表す。

- 1 下図は周期表の概略であり，図中の(A)～(I)は領域を， \boxed{p} ～ \boxed{x} は元素を表す。問1～問6に答えよ。

		族																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
周 期	1	(A)																	\boxed{p}
	2	\boxed{q}	(C)												\boxed{r}	\boxed{s}			
	3	\boxed{t}		\boxed{u}	(G)	\boxed{v}	\boxed{w}												
	4													\boxed{x}					
	5	(B)	(D)	(E)								(F)		(H)	(I)				
	6																		
	7																		

問1 次の(ア)～(オ)にあてはまる領域を，(A)～(I)からすべて選べ。同じ領域を何度用いてもよい。該当する領域がない場合は，z 欄をマークせよ。

- (ア) ハロゲン元素
- (イ) 希ガス元素
- (ウ) アルカリ土類金属元素
- (エ) 遷移元素
- (オ) 非金属元素

問2 \boxed{p} ～ \boxed{x} のうちで，次の(ア)～(オ)にあてはまる元素を選べ。同じ元素を何度用いてもよい。

- (ア) 第一イオン化エネルギーが最も大きい元素
- (イ) 第一イオン化エネルギーが最も小さい元素
- (ウ) 大気中で最も多く存在する元素
- (エ) 電気陰性度の最も大きい元素
- (オ) 単体の酸化力が最も強い元素

問3 元素 \boxed{q} に関する正しい記述を a) ~ e) からすべて選べ。該当する選択肢がない場合は、z 欄をマークせよ。

- a) この元素の単体は、石油と激しく反応する。
- b) この元素の単体は、水と激しく反応する。
- c) この元素は、炎色反応で黄色を呈す。
- d) この元素の単体の密度は、水の密度より大きい。
- e) この元素の水酸化物の水溶液は、強い塩基性を示す。

問4 元素 \boxed{r} に関する正しい記述を a) ~ e) からすべて選べ。該当する選択肢がない場合は、z 欄をマークせよ。

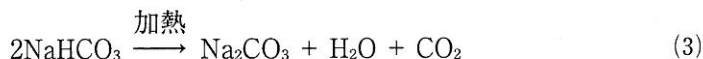
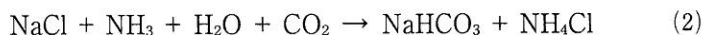
- a) 生体内に最も多く存在する元素である。
- b) この元素を含む化合物はすべて有機化合物と呼ばれる。
- c) この元素の単体には複数の同素体が存在する。
- d) この元素の単体はイオン結晶を形成する。
- e) この元素は水溶液中で単原子イオンとして存在する。

問5 元素 \boxed{t} の単体は体心立方格子の結晶構造をとる。単位格子の一辺の長さを $4.29 \times 10^{-8} \text{ cm}$ とすると、元素 \boxed{t} の単体の密度は何 g/cm^3 か。有効数字2桁で答えよ。ただし、元素 \boxed{t} の原子量は23とし、 $4.29^3 = 79.0$ とする。

問6 元素 \boxed{v} には相対質量35.0と37.0の同位体が存在する。これら同位体の存在割合が、原子数百分率でそれぞれ80.0%、20.0%であるとき、元素 \boxed{v} の単体1 molは何gか。有効数字3桁で答えよ。

2 次の文章を読んで問7～問12に答えよ。

反応(1)～(3)は、窒素と水素からアンモニアを合成し、そのアンモニアと二酸化炭素から炭酸水素ナトリウムを合成し、最終的に炭酸ナトリウムを得る過程を示したものである。



問7 反応(1)は発熱反応である。原料となる N_2 と H_2 の物質量が一定である場合、平衡状態での NH_3 の物質量をできるだけ多くするのに最も適当な方法を a) ～ e) から選べ。

- a) 温度を上げ、圧力を高くする。
- b) 温度を上げ、圧力を低くする。
- c) 温度を下げ、圧力を高くする。
- d) 温度を下げ、圧力を低くする。
- e) 適当な触媒を用いる。

問8 反応(1)において、 N_2 49.0 g と H_2 9.0 g を 500°C 、 $3.0 \times 10^7 \text{ Pa}$ の条件で反応させたところ、 NH_3 が 34.0 g 生成した。反応後の気体全体の体積は標準状態(0°C 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$)で何 L か。有効数字 2 桁で答えよ。

問9 反応(1)により得た NH_3 を水に溶かすと、一部電離してアンモニウムイオン NH_4^+ が生成する。



NH_3 の電離度が 0.0125 であるとき、 $8.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ NH_3 水溶液の pH はいくらか。有効数字 2 桁で答えよ。なお、水のイオン積は $K_w = 1.00 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ である。

問 10 反応(1)の原料である H_2 9.0 g を、 H_2SO_4 水溶液の電気分解を 20.0 時間行うことにより得る場合、少なくとも何 A (アンペア) の電流を流す必要があるか。有効数字 2 桁で答えよ。

問 11 反応(2)は、 NaCl 水溶液に NH_3 と CO_2 を加えることにより、 NaHCO_3 が生成することを示している。反応(2)に関して誤っている記述を a) ~ e) からすべて選べ。該当する選択肢がない場合は、z 欄をマークせよ。

- a) NaHCO_3 の生成量を多くするためには、 NaCl 濃度をできるだけ高くする。
- b) NaHCO_3 の生成量を多くするためには、 NH_3 を十分に加えた後に CO_2 を吹き込む。
- c) 反応(2)に含まれる化合物 NaCl 、 NaHCO_3 、 NH_4Cl の中で、水への溶解度は NaHCO_3 が最も低い。
- d) 反応(2)が進行するのは、 NH_4Cl が容易に分解するからである。
- e) 反応(2)で酸化還元を受けている元素は存在しない。

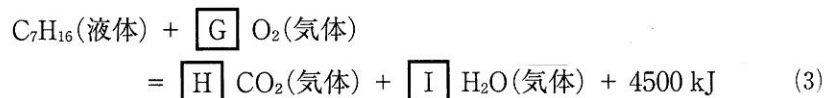
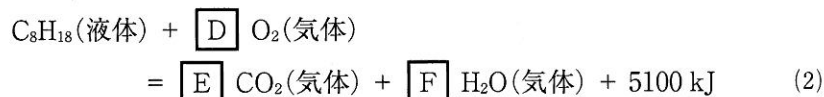
問 12 NaHCO_3 水溶液と Na_2CO_3 水溶液について、正しい記述を a) ~ e) からすべて選べ。該当する選択肢がない場合は、z 欄をマークせよ。

- a) 両水溶液とも中性である。
- b) NaHCO_3 水溶液は酸性、 Na_2CO_3 水溶液は塩基性である。
- c) NaHCO_3 水溶液は酸性、 Na_2CO_3 水溶液は中性である。
- d) 塩酸を加えると、両方の水溶液とも CO_2 を発生する。
- e) 塩酸を加えると、 Na_2CO_3 の水溶液では CO_2 が発生するが、 NaHCO_3 水溶液では発生しない。

3 次の文章を読んで問 13～問 18 に答えよ。

近年、地球温暖化などの環境問題に関連し、石油、石炭の代替燃料の一つとして天然ガスが注目されている。いま、自動車の燃料として天然ガスを用いた場合と、石油を原料とするガソリンを用いた場合とを比較する。天然ガスは主に炭素数 1～4、ガソリンは主に炭素数 4～10 の炭化水素の混合物であるが、ここでは模擬的に天然ガスはすべてメタン CH_4 からなるとし、ガソリンは物質量比が 1 : 1 のイソオクタン C_8H_{18} とヘプタン C_7H_{16} の混合物(以下、PRF50 という)とする。

メタン、イソオクタン、ヘプタンが完全燃焼するときの熱化学方程式は、それぞれ次のように表すことができる。



問 13 熱化学方程式(1)~(3)の係数 \boxed{A} ~ \boxed{I} にあてはまる数値を a) ~ x) からそれぞれ選べ。同じ選択肢を何度用いてもよい。該当する選択肢がない場合は、z 欄をマークせよ。

- | | | | |
|-------------------|-------|-------------------|-------|
| a) $\frac{1}{2}$ | b) 1 | c) $\frac{3}{2}$ | d) 2 |
| e) $\frac{5}{2}$ | f) 3 | g) $\frac{11}{2}$ | h) 6 |
| i) $\frac{13}{2}$ | j) 7 | k) $\frac{15}{2}$ | l) 8 |
| m) $\frac{17}{2}$ | n) 9 | o) $\frac{19}{2}$ | p) 10 |
| q) $\frac{21}{2}$ | r) 11 | s) $\frac{23}{2}$ | t) 12 |
| u) $\frac{25}{2}$ | v) 13 | w) $\frac{27}{2}$ | x) 14 |

問 14 PRF50 1 mol (イソオクタン 0.5 mol とヘプタン 0.5 mol) を完全燃焼させて得られるのと同じ熱量を、メタン(気体)の完全燃焼で得るには、メタンは何 mol 必要になるか。有効数字 2 桁で答えよ。ただし、完全燃焼で生成する水はいずれも気体とする。

問 15 完全燃焼によって同じ熱量を得るとき、メタン(気体)を燃料とした場合は、PRF50 を燃料にしたときに比べて発生する二酸化炭素の質量は何倍か。有効数字 2 桁で答えよ。ただし、完全燃焼で生成する水はいずれも気体とする。

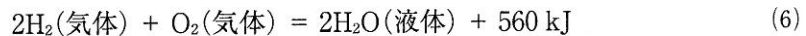
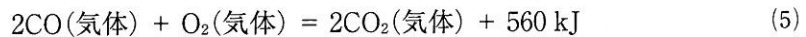
問 16 容積 53.5 L の燃料タンクをもつ乗用車がある。この燃料タンクに PRF50 (密度: 0.80 g/cm^3 , 平均分子量: 107) を満タンにしたときの走行可能距離と同じ距離を、メタン(気体)を燃料とした自動車で走らせるには、メタンは何 mol 必要か。有効数字 2 桁で答えよ。ただし、どちらの自動車も燃料はすべて完全燃焼し、発生する単位熱量あたりの走行距離は等しいものとする。また、完全燃焼で生成する水はいずれも気体とする。

問 17 問 16 で求めた物質量のメタン(気体)を、温度 300 K で 3.0×10^7 Pa の耐圧容器に貯蔵するためには、耐圧容器の容積は最小何 L 必要か。有効数字 2 桁で答えよ。

問 18 天然ガスは燃料電池などの原料となる水素 H_2 を製造するためにも用いられる。メタンから水素を生成する反応(4)(メタン水蒸気改質反応)の反応熱 Q_4 は何 kJ か。最も近い値を a) ~ t) から選べ。



ただし、 Q_4 を求めるにあたり、(1)および次の(5)~(7)の熱化学方程式を用いよ。



- | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| a) -340 | b) -320 | c) -300 | d) -280 | e) -260 |
| f) -240 | g) -220 | h) -200 | i) -180 | j) -160 |
| k) 160 | l) 180 | m) 200 | n) 220 | o) 240 |
| p) 260 | q) 280 | r) 300 | s) 320 | t) 340 |

4 次の文章を読んで問 19 ～問 23 に答えよ。

大気圧より低い $1.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ で一定圧力に保たれた部屋の中に、図 1 のようなピストンを備えた容器を置いた。この容器内にヘリウムと十分な量の水を封入し、しばらく放置すると、容器内の気体部分はヘリウムと水蒸気の混合物となり平衡状態に達した。ただし、ピストンの質量は無視でき、自由に上下できるものとする。また、水がすべて蒸発することはない、ヘリウムの水への溶解は無視するものとする。水の飽和蒸気圧曲線は図 2 に示す。

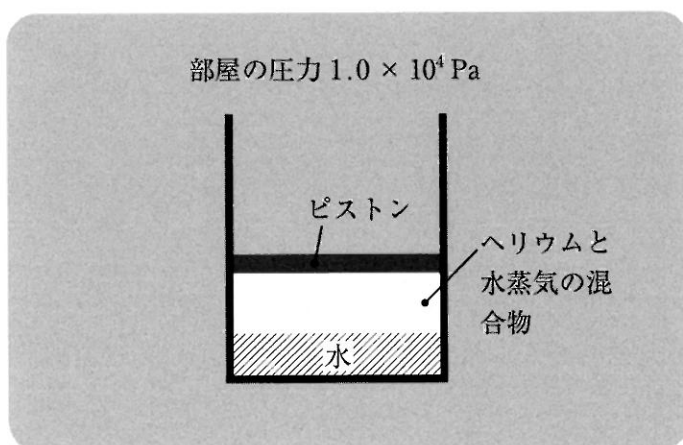


図 1

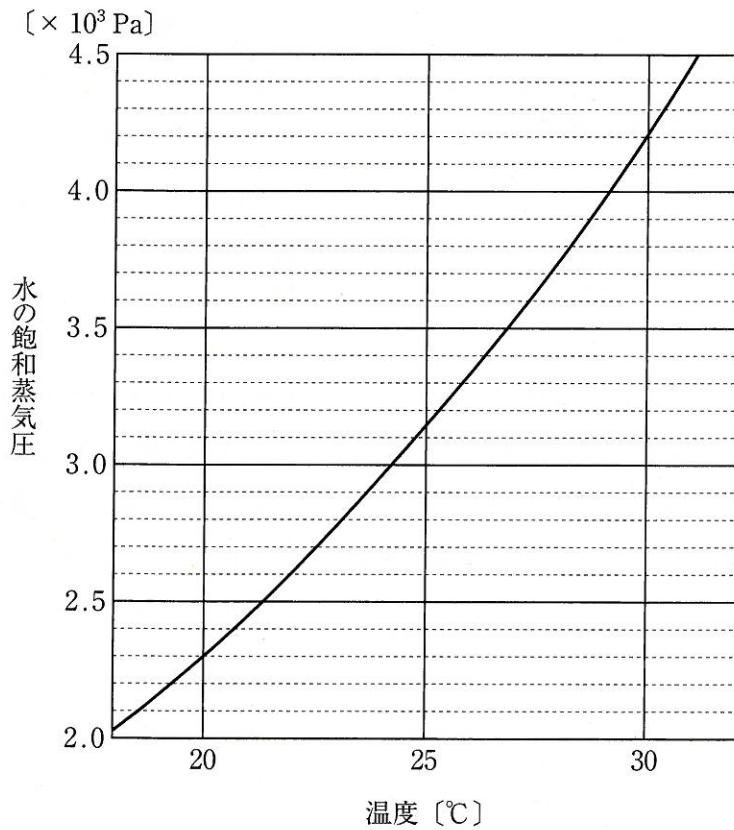


図 2

問 19 温度が 20°C のときのヘリウムの分圧は何 Pa か。有効数字 2 桁で答えよ。

問 20 温度が 30°C のときの気体部分のヘリウムのモル分率はいくらか。有効数字 2 桁で答えよ。

問 21 温度を 20°C から 30°C に上げたことにより、容器内の気体部分の体積が V から V' に、容器内の混合気体の総物質量が n から n' に変化した。このとき、 V'/V の関係式として正しいものを a) ~ f) からすべて選べ。

$$\begin{array}{lll} \text{a) } \frac{V'}{V} = \frac{n'}{n} & \text{b) } \frac{V'}{V} > \frac{n'}{n} & \text{c) } \frac{V'}{V} < \frac{n'}{n} \\ \text{d) } \frac{V'}{V} = \frac{303}{293} & \text{e) } \frac{V'}{V} > \frac{303}{293} & \text{f) } \frac{V'}{V} < \frac{303}{293} \end{array}$$

問 22 温度 20°C におけるヘリウムおよび水蒸気の分圧を、それぞれ P_{He} , P_{vap} , 温度 30°C におけるそれらを、 P'_{He} , P'_{vap} とする。問 21 で定義した n' と n の比 n'/n と等しいものを a) ~ j) から 1 つ選べ。該当する選択肢がない場合、あるいは選択肢が複数ある場合は、z 欄をマークせよ。

$$\begin{array}{llll} \text{a) } \frac{P_{\text{vap}}}{P'_{\text{vap}}} & \text{b) } \frac{P'_{\text{vap}}}{P_{\text{vap}}} & \text{c) } \frac{P_{\text{He}}}{P'_{\text{He}}} & \text{d) } \frac{P'_{\text{He}}}{P_{\text{He}}} \\ \text{e) } \frac{P_{\text{He}}}{P'_{\text{vap}}} & \text{f) } \frac{P'_{\text{He}}}{P_{\text{vap}}} & \text{g) } \frac{P_{\text{vap}}}{P'_{\text{He}}} & \text{h) } \frac{P'_{\text{vap}}}{P_{\text{He}}} \\ \text{i) } \frac{P_{\text{He}} + P_{\text{vap}}}{P'_{\text{He}} + P'_{\text{vap}}} & & \text{j) } \frac{P'_{\text{He}} + P'_{\text{vap}}}{P_{\text{He}} + P_{\text{vap}}} & \end{array}$$

問 23 温度を 20°C に保ちながら容器内の水中に塩化アンモニウムを加えたところ、水の飽和蒸気圧は P_{vap} から cP_{vap} に変化した。 c は定数である。塩化アンモニウムを加えた後の量が加える前より減少するものを a) ~ f) からすべて選べ。該当する選択肢がない場合は、z 欄をマークせよ。ただし、塩化アンモニウムの蒸気圧、およびヘリウムの塩化アンモニウム水溶液への溶解は無視する。

- | | |
|------------|---------------|
| a) ヘリウム分圧 | b) 水蒸気分圧 |
| c) 混合気体圧力 | d) ヘリウム物質質量 |
| e) 水蒸気物質質量 | f) 混合気体の総物質質量 |

5 有機化合物に関する次の実験 1～5 を読み、問 24～問 28 に答えよ。

実験 1 アルケン 1 mol に臭素を反応させたところ、アルケン はすべて単一の生成物 に変化した。得られた生成物 の質量は 216 g であった。

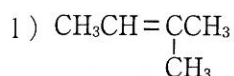
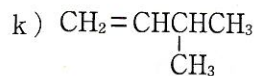
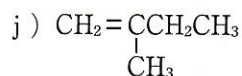
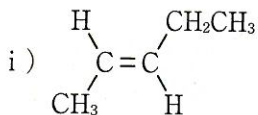
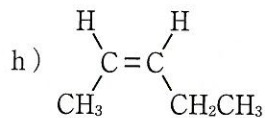
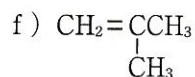
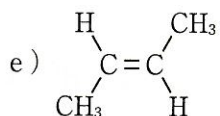
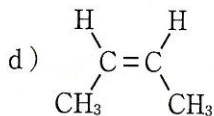
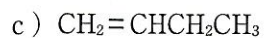
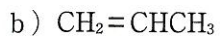
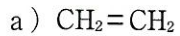
実験 2 アルケン をオゾン酸化したところ、プロピオンアルデヒド $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$ が生成した。なお一般に、オゾン酸化すると炭素間の二重結合が切れて、アルケン 1 分子からアルデヒドまたはケトンが 2 分子生成する。

実験 3 アルケン に水を付加させてできるアルコール に二クロム酸カリウム $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ の硫酸酸性溶液を加えたところ、化合物 が生成した。化合物 はフェーリング液を還元しなかった。

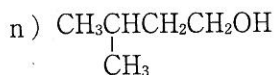
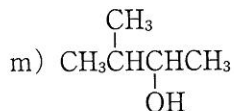
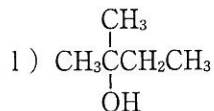
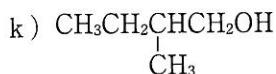
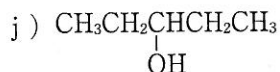
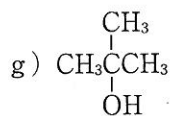
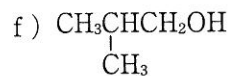
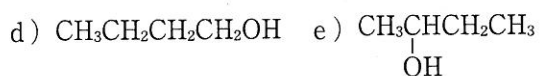
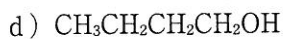
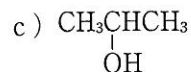
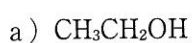
実験 4 アルコール と化合物 の混合物に濃硫酸を加えて加熱したところ、水に溶けにくく、果実の芳香をもつ化合物 が生成した。

実験 5 化合物 29.0 mg を十分な酸素を吹き込みながら完全燃焼させたところ、二酸化炭素 CO_2 66.0 mg、水 H_2O 27.0 mg を得た。ほかの実験結果より、化合物 の構成元素は炭素、水素、酸素のみであった。

問 24 アルケン A の構造式を a) ~ l) から 1 つ 選 べ。該 当 す る 選 択 肢
 が ない 場 合、あ る い は 選 択 肢 が 複 数 あ る 場 合 は、z 欄 を マ ー ク セ よ。



問 25 アルコール C の構造式を a) ~ n) から 1 つ選べ。該当する選択肢がない場合、あるいは選択肢が複数ある場合は、z 欄をマークせよ。



問 26 アルコール C の構造異性体および立体異性体は、アルコール C を含め、全部でいくつあるか。a) ~ h) から 1 つ選べ。ただし、アルコールのみを数えよ。

a) 1

b) 2

c) 3

d) 4

e) 5

f) 6

g) 7

h) 8 以上

問 27 化合物 について、正しい記述を a) ~ e) からすべて選べ。

該当する選択肢がない場合は、z 欄をマークせよ。

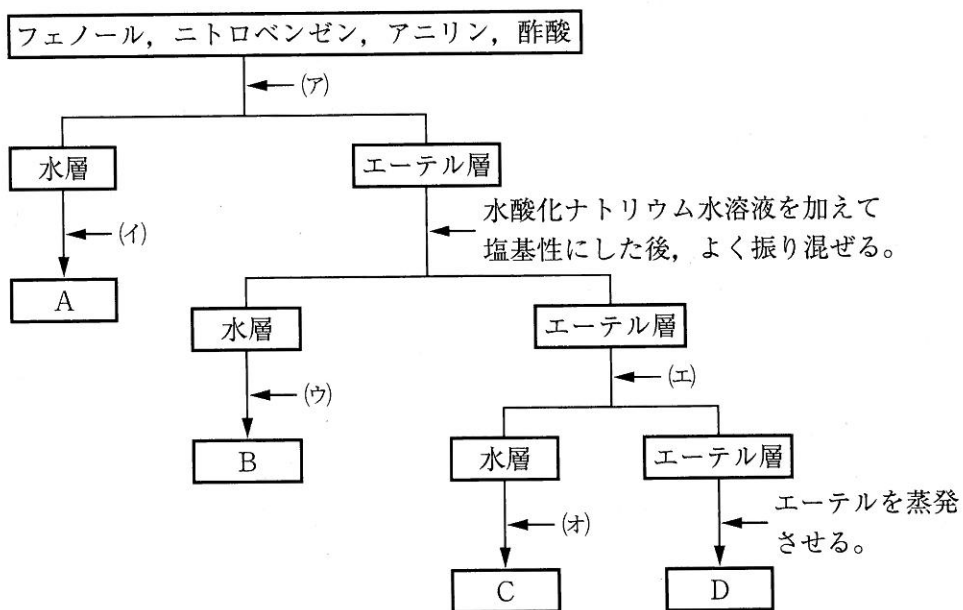
- a) 化合物 は銀鏡反応を示す。
- b) 化合物 はヨードホルム反応を示す。
- c) 化合物 は分子内脱水反応を起こす。
- d) 化合物 の水溶液は酸性を示す。
- e) 化合物 の沸点はアルコール の沸点よりも低い。

問 28 化合物 の分子式を a) ~ j) から 1 つ選べ。該当する選択肢がない場合、あるいは選択肢が複数ある場合は、z 欄をマークせよ。

- a) CH_2O b) CH_2O_2 c) CH_4O d) $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ e) $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$
- f) $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ g) $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ h) $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ i) $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$ j) $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$

6 次の文章を読んで問 29～問 33 に答えよ。

フェノール C_6H_5OH 、ニトロベンゼン $C_6H_5NO_2$ 、アニリン $C_6H_5NH_2$ 、酢酸 CH_3COOH を含むエーテル溶液がある。この混合溶液を下図の操作により各成分に分離した。



問 29 操作(ア)~(オ)にあてはまるものを、a) ~ f) からそれぞれ1つ選べ。同じ選択肢を何度用いてもよい。該当する選択肢がない場合は、z 欄をマークせよ。

- a) 炭酸ナトリウム水溶液を十分加え、よく振り混ぜる。
- b) 希塩酸を加えて酸性にした後、よく振り混ぜる。
- c) エーテルを加えてよく振り混ぜ、分離したエーテル層のエーテルを蒸発させる。
- d) 水酸化ナトリウム水溶液を加えて塩基性にした後、よく振り混ぜる。
- e) 希塩酸を加えて酸性にした後、エーテルを加えてよく振り混ぜ、分離したエーテル層のエーテルを蒸発させる。
- f) 水酸化ナトリウム水溶液を加えて塩基性にした後、エーテルを加えてよく振り混ぜ、分離したエーテル層のエーテルを蒸発させる。

問 30 ~ にあてはまる化合物を a) ~ d) からそれぞれ1つ選べ。

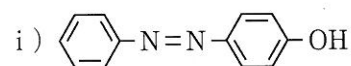
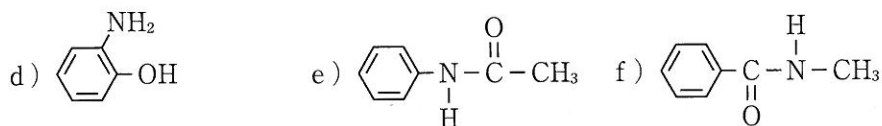
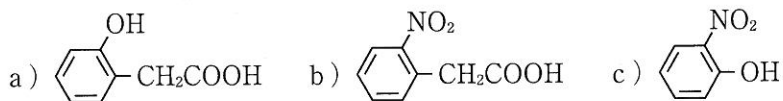
- a) フェノール b) ニトロベンゼン c) アニリン d) 酢酸

問 31 に濃塩酸を加えると油滴が生じたが、これにスズを加えて60℃に加熱したところ、油滴が消失した。油滴が消失したことについて、正しい記述を a) ~ e) からすべて選べ。該当する選択肢がない場合は、z 欄をマークせよ。

- a) が還元されて、その生成物が蒸発したから。
- b) が還元されて、その生成物が塩酸塩となり溶けやすくなったから。
- c) が酸化されて、その生成物が蒸発したから。
- d) が酸化されて、その生成物が塩酸塩となり溶けやすくなったから。
- e) 水溶液の温度が上がり、 が溶けやすくなったから。

問 32 A と C を混ぜて加熱して化合物 E が得られた。

E にあてはまる化合物を a) ~ i) から 1 つ選べ。該当する選択肢がない場合は、z 欄をマークせよ。



問 33 問 32 で得た化合物 E について、正しい記述を a) ~ e) からすべて選べ。該当する選択肢がない場合は、z 欄をマークせよ。

- a) 室温において赤橙色の板状結晶である。
- b) タンパク質やナイロンと同じ官能基をもつ。
- c) さらし粉水溶液を加えると紫色に呈色する。
- d) 塩化鉄(Ⅲ) FeCl_3 水溶液を加えると赤紫色に呈色する。
- e) 各種医薬品、染料の原料として用いられる。