模試 第3回

解　答

自動採点 学習診断

第1問 小計　第2問 小計　第3問 小計　第4問 小計　第5問 小計　合計点　／100

問題番号(配点)	設問		解答番号	正解	配点	自己採点
第1問 (20)	1		1	②	4	
	2		2	④	3	
	3	a	3	⑤	3	
		b	4	②	4	
	4	a	5	①	3	
		b	6	③	3	
第2問 (20)	1		7	⑦	4	
	2	a	8	①	3	
		b	9	③	3	
	3	a	10	⑥	3	
		b	11	③	3	
		c	12	②	4	
第3問 (20)	1		13	④	4	
	2		14	③	3	
	3		15	⑥	4	
	4		16	⑤	3	
	5	a	17	④	3	
		b	18	③	3	
第4問 (20)	1		19	①	4	
	2		20	②	4	
	3		21	⑥	4	
	4		22	⑤	4	
	5		23	⑤	4	
第5問 (20)	1	a	24	④	4	
		b	25	④	4	
	2	a	26	①	4	
		b	27	③	4*	
			28	⑤		
	3		29	③	4	

（注）＊は，両方正解の場合のみ点を与える。

化　学

第1問

問1　1　②

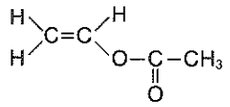
①～④の分子の名称から構造式を書いて，三重結合の有無を調べる。

①　窒素　N 原子は原子価が 3 価なので，原子 2 個が結合した窒素分子 N_2 の構造式は次のようになる。

$$N \equiv N$$

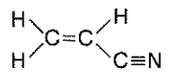
窒素分子は三重結合をもつ。

②　酢酸ビニル　触媒の存在下でエチレンに酢酸と酸素を作用させてつくられる。触媒を用いてアセチレンに酢酸を付加させても得られる。構造式は



である。構造式を見ればわかるように，酢酸ビニルは三重結合をもたない。これが正解。

③　アクリロニトリル　触媒を用いてプロペン(プロピレン)にアンモニアと酸素を作用させてつくられている。アセチレンに触媒を用いてシアン化水素 H－C≡N を付加させても得られる。構造式は



であり，アクリロニトリルは三重結合をもつ。

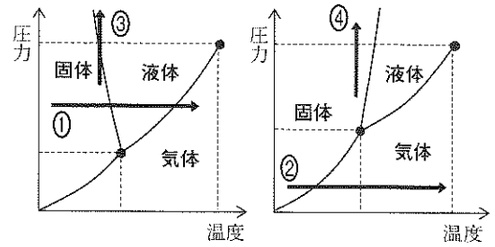
④　プロピン(メチルアセチレン)　アルキンの一種でプロパンの単結合の一つを三重結合にした分子である。アセチレンの H 原子 1 個をメチル基－CH_3 に置き換えたと考えてもよい。構造式は次のとおり。

$$H-C \equiv C-CH_3$$

プロピンは三重結合をもつ。

問2　2　④

図 1 の状態図では，A が気体，B が固体，C が液体である。A(気体)と C(液体)の境界線が蒸気圧曲線であり，蒸気圧曲線は臨界点でとぎれる。臨界点よりも温度と圧力が大きくなると，気体と液体の区別がつかなくなる。このような状態にある物質を**超臨界流体**という。以上をふまえて，図 1 の状態図をもとに，①～④の正誤を判断する。



①　水の場合，圧力を標準大気圧(1.013×10^5 Pa)にして温度を上げる(状態図を左から右にたどる)と，図の①の矢印のように，固体→液体→気体と状態が変化する。したがって，固体を昇華させて液体を経ないで気体にすることはできない。**誤**

②　二酸化炭素の場合，圧力を標準大気圧(1.013×10^5 Pa)にして温度を上げると，図の②の矢印のように，固体→気体と状態が変化し，必ず昇華する。標準大気圧の下では，液体の状態にはできない。**誤**

③　水は，三重点よりも低い温度なら，図の③の矢印のように，温度一定で圧力を上げて，固体を液体にすることができる。これは水の融解曲線(固体と液体の境界線)が左に傾いているためである。**誤**

④　二酸化炭素は，図の④の矢印のように，いかなる温度でも，温度一定で圧力を上げて，固体を液体にすることができない。これは二酸化炭素の融解曲線が右に傾いているためである。ふつうの物質は，二酸化炭素のように，融解曲線は右に傾く。**正**

問3　a　3　⑤

容器 A の水素をすべて容器 B に移し温度を 100 °C に保ったとき，水素と酸素の混合気体の全圧が 4.0×10^5 Pa になっている。水素と酸素の物質量は同じだから，このときの水素の分圧は 2.0×10^5 Pa である。容器 A の容積を V_A，容器 B の容積を V_B とすると，水素を移す前の温度 27 °C の状態と，水素を移した後の温度 100 °C の状態で，ボイル・シャルルの法則が成り立つ。

$$\frac{6.0 \times 10^6\ \text{Pa} \times V_A}{(273+27)\ \text{K}} = \frac{2.0 \times 10^5\ \text{Pa} \times V_B}{(273+100)\ \text{K}}$$

$$\therefore \quad \frac{V_B}{V_A} = 37.3$$

b　4　②

燃焼の前後で気体の体積と温度は同じだから，各気体の物質量は分圧に比例する。そこで，燃焼による各気体の量の変化を，物質量のかわりに分圧で表すと，次のようになる(単位は $\times 10^5$ Pa)。

	$2H_2$	+	O_2	⟶	$2H_2O$
燃焼前	2.0		2.0		0.0
変化量	−2.0		−1.0		+2.0
燃焼後	0.0		1.0		2.0

ただし，水の圧力は，水がすべて気体と仮定したときの圧力である。

温度が100 ℃のときの水の飽和蒸気圧は，標準大気圧と同じ 1.013×10^5 Pa である（なぜなら標準大気圧における水の沸点は100 ℃なので）。気体の圧力は飽和蒸気圧より大きくなることはできないので，100 ℃における実際の水の圧力は，上で求めた 2.0×10^5 Pa ではなく（つまり水はすべて気体ではなく），水の一部は液体になっており，水の圧力は飽和蒸気圧の 1.013×10^5 Pa に等しくなる。

以上により，水素を燃焼させた後の混合気体の全圧は次のようになる。

$$\begin{aligned}\text{全圧}&=\text{酸素の分圧}+\text{水の分圧}\\&=1.0\times10^5\,\text{Pa}+1.013\times10^5\,\text{Pa}\\&\fallingdotseq2.0\times10^5\,\text{Pa}\end{aligned}$$

問4 **a** 5 ①

水溶液の温度を下げていくと，凝固点になっても固体にならず，液体のまま温度が下がっていくことがある。このような状態を**過冷却**という。図3でいうと，点Aから点Bまでが過冷却である。過冷却は不安定な状態なので，振動などにより過冷却が破れると急激に凝固が始まり（点B），熱が発生していったん温度が上昇する（点C）。水溶液の凝固点は，過冷却が起こらないとしたとき凝固が始まる温度なので，点C以降の直線を延長して求めた点Aの温度である。また，実際に水溶液の凝固が始まるのは点Bである。

b 6 ③

水250 gが凝固したとき，水溶液中の水の質量は500 g − 250 g = 250 gである。また，氷の中にグルコースは含まれていないので，水溶液中のグルコースの質量は9.00 gのままである。したがって，このときの水溶液は，250 gの水に9.00 gのグルコース $C_6H_{12}O_6$（モル質量180 g/mol）を溶かしたものだから，水溶液の凝固点降下の大きさ Δt は次のようになる。

$$\Delta t=1.85\,\text{K·kg/mol}\times\frac{9.00\,\text{g}}{180\,\text{g/mol}}\times\frac{1}{0.250\,\text{kg}}=0.370\,\text{K}$$

よって，求める温度は −0.37 ℃となる。

第2問

問1 7 ⑦

塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和の場合，HClは1価の酸，NaOHは1価の塩基だから，モル濃度が同じなら1 : 1の体積比で過不足なく中和する。したがって，表1の実験番号4で過不足なく中和し，発生する熱量が最大となるため，図1で温度変化が最大になる。このとき反応した H^+ は

$$1\times1.0\,\text{mol/L}\times30\times10^{-3}\,\text{L}=0.030\,\text{mol}$$

であり，図1で約6.7 ℃の温度上昇が見られる。

一方，硫酸水溶液と水酸化ナトリウム水溶液の中和の場合，H_2SO_4 は2価の酸，NaOHは1価の塩基だから，モル濃度が同じなら1 : 2の体積比で過不足なく中和する。したがって，実験番号3で温度変化が最大になる。このとき反応する H^+ は

$$2\times1.0\,\text{mol/L}\times20\times10^{-3}\,\text{L}=0.040\,\text{mol}$$

である。この実験において，混合後の水溶液の質量はすべて60 gであるため，発生する熱量と温度上昇との間に比例関係が成り立つ。よって，温度上昇の最大値は図1の $\frac{4}{3}$ 倍になり，

$$6.7\,^\circ\text{C}\times\frac{4}{3}=8.9\,^\circ\text{C}$$

になる。⑦のグラフが正解。

問2 **a** 8 ①

陽極と陰極では，それぞれ次の反応が起こる。

陽極　$2Cl^-\longrightarrow Cl_2+2e^-$

陰極　$2H_2O+2e^-\longrightarrow H_2+2OH^-$

陰極では OH^- が生成し，陽イオン交換膜を通って陽極から陰極へ Na^+ が移動するので，陰極側の水溶液は濃厚な水酸化ナトリウムNaOH水溶液となる。

陽極で発生した Cl_2 は，水に溶けて一部が塩化水素HClと次亜塩素酸HClOになる。

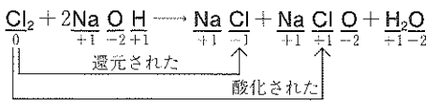
$$Cl_2+H_2O\rightleftharpoons HCl+HClO\qquad\text{(i)}$$

陽イオン交換膜を取りつけずに実験を行うと，これらの酸は陰極で生成した水酸化ナトリウムと中和反応をする。

$$HCl+NaOH\longrightarrow NaCl+H_2O\qquad\text{(ii)}$$

$$HClO+NaOH\longrightarrow NaClO+H_2O\qquad\text{(iii)}$$

(i)+(ii)+(iii)をつくると，問題の式(1)の反応式となる。



この反応式のすべての原子に酸化数をつけると上のようになり，還元された原子も酸化された原子もClになる。したがって，酸化剤も還元剤も Cl_2 である。

このように，同じ物質の分子が2種類の異なる酸化数の物質になる反応を，**不均化反応**または**自己酸化還元反応**という。次の反応も，下線部の原子が，酸化数が異なる複数の物質に変化しており，不均化反応である。

$$2H_2O_2\longrightarrow2H_2O+O_2$$

$$3NO_2+H_2O\longrightarrow2HNO_3+NO$$

なお，この装置のように陽極と陰極の間を陽イオン交換膜で区切れば，陰イオンは膜を通過できないから，陽極付近の水溶液中の HCl や HClO が陰極付近の水溶液中の NaOH と反応することはない。

b 9 ③

電気分解前後で水溶液の体積は変化せず1.00 Lだから，電気分解前の OH^- の物質量は

$$1.00\times10^{-2}\,\text{mol/L}\times1.00\,\text{L}=0.0100\,\text{mol}$$

である。電気分解後は25 ℃でpHが13であり，pH + pOH = 14 より pOH が1で，$[OH^-]=1.00\times10^{-1}$ mol/L だから，OH^- の物質量は

$$1.00\times10^{-1}\,\text{mol/L}\times1.00\,\text{L}=0.100\,\text{mol}$$

となる。電気分解で生成した OH^- の物質量は，次のようになる。

$$0.100\,\text{mol}-0.0100\,\text{mol}=0.090\,\text{mol}$$

陰極のイオン反応式を見ると，電気分解で生成した OH^- の物質量は流れた電子 e^- の物質量に等しいので，流れた電子の物質量も0.090 molである。したがって，9.65 Aの電流で t〔秒〕間電気分解を行ったとすれば，次の式が成り立つ。

$$\begin{aligned}9.65\,\text{A}\times t\,\text{〔秒〕}&=0.090\,\text{mol}\times9.65\times10^4\,\text{C/mol}\end{aligned}$$

これを解いて，$t=9.0\times10^2$ 秒。

問3 **a** 10 ⑥

NO_2（気）の生成エンタルピーが Q_1 kJ/mol，N_2O_4（気）の生成エンタルピーが Q_2 kJ/mol だから

$$2NO_2\,(\text{気})\rightleftharpoons N_2O_4\,(\text{気})\qquad\Delta H=Q\,\text{kJ}\quad(2)$$

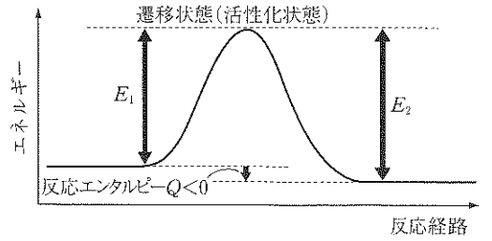
に，“反応エンタルピー＝（生成物の生成エンタルピーの総和）−（反応物の生成エンタルピーの総和）”を使うと，次の式が成り立つ。

$$Q\,\text{kJ}=1\,\text{mol}\times Q_2\,\text{kJ/mol}-2\,\text{mol}\times Q_1\,\text{kJ/mol}$$

$$\therefore\quad Q=-2Q_1+Q_2$$

b 11 ③

① 式(2)の反応は右向きに進むと発熱反応なので，次の図のように，正反応の活性化エネルギー E_1 は逆反応の活性化エネルギー E_2 よりも小さい。**誤**



② 式(2)を見ると，二酸化窒素 NO_2 の係数は2，四酸化二窒素 N_2O_4 の係数は1なので，NO_2 の分解速度は N_2O_4 の生成速度の2倍になる。**誤**

③ 平衡状態に達した後，温度一定のまま圧力を上げると，式(2)の平衡は気体分子の数が減る右向きに移動するので，四酸化二窒素 N_2O_4 が生成する向きに反応が進み，別の平衡状態に達する。**正**

④ 平衡状態に達した後，圧力一定のまま温度を上げると，式(2)の平衡は吸熱反応の左向きに移動するので，二酸化窒素 NO_2 が生成する向きに反応が進み，別の平衡状態に達する。**誤**

c 12 ②

密閉容器に NO_2 だけを入れ，温度 T と圧力 p を一定に保つと，平衡が移動して NO_2 と N_2O_4 の混合気体になる。このとき，質量 m は変化しないが，物質量 n や平均分子量が変化するため，体積 V や密度 d が変化する。この問題では密度 d が与えられているので，混合気体の平均分子量（平均モル質量 M からg/molの単位をとった数値）を求めるとよい。

理想気体の状態方程式 $pV=nRT=(m/M)\,RT$ より，混合気体の平均モル質量 M は，

$$M=\frac{mRT}{pV}=\frac{m}{V}\times\frac{RT}{p}=d\times\frac{RT}{p}$$

$$=3.0\,\text{g/L}\times\frac{8.3\times10^3\,\text{Pa·L/(K·mol)}\times300\,\text{K}}{1.0\times10^5\,\text{Pa}}$$

$$=74.7\,\text{g/mol}$$

になるので，混合気体の平均分子量は74.7である。NO_2（分子量46）のモル分率を X とすると，N_2O_4（分子量92）のモル分率は $1-X$ となるから，混合気体の平均分子量に関して次の式が成り立つ。

$46X+92\times(1-X)=74.7$

これを解いて，$X=0.376$。したがって，NO_2 の分圧は次のようになる。

分圧＝全圧×モル分率

$=1.0\times10^5\,Pa\times0.376$

$=3.76\times10^4\,Pa$

第3問

問1 13 ④

① 炭素原子1個を含む水素化合物は，メタン CH_4 である。メタンは正四面体形の分子で，C−H 結合の極性が打ち消されるため，無極性分子になる。**誤**

② 窒素原子1個を含む水素化合物は，アンモニア NH_3 である。アンモニアは水溶液中では次のように電離するので，1価の弱塩基である。**誤**

$NH_3+H_2O\rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

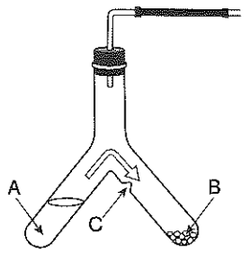
③ フッ素原子1個を含む水素化合物は，フッ化水素 HF である。ハロゲン化水素のうち，HCl，HBr，HI は1価の強酸であるが，HF は例外的に1価の弱酸である。**誤**

④ 硫黄原子1個を含む水素化合物は，硫化水素 H_2S である。H_2S は S が最低酸化数の −2 をとっており，酸化還元反応では S の酸化数が増加するので還元剤としてはたらく。**正**

⑤ 塩素原子1個を含む水素化合物は塩化水素 HCl，臭素原子1個を含む水素化合物は臭化水素 HBr である。HCl は HBr よりも分子量が小さく，分子間力も小さいので，沸点が低い。なお，ハロゲン化水素のうち，HF は分子間に水素結合をつくるので例外的に沸点が高い。ハロゲン化水素の沸点は HF＞HI＞HBr＞HCl の順であり，HCl はハロゲン化水素のうちで最も沸点が低い。**誤**

問2 14 ③

図1の器具はふたまた試験管とよばれている。A に液体，B に固体を入れ，ふたまた試験管を右に傾けて A の液体を適量 B の固体に注ぎ，気体を発生させる。気体の発生を止めたいときは，ふたまた試験管を左に傾け，液体だけを A に戻す。このとき，固体を C のくびれで止め，A に流入しないようにする。そのため，B に入れる固体はある程度の大きさをもつものがよい。粉末だと C のくびれで止めるのは難しい。



① 一酸化炭素発生の反応式は次のとおり（発生する気体の分子式の右には↑を書いた。以下同様）。濃硫酸は脱水剤である。

$HCOOH\longrightarrow H_2O+CO\uparrow$

ギ酸も濃硫酸も液体なので，ふたまた試験管を使うには向かない発生法である。

② 希硝酸と銅では，次の反応で主に一酸化窒素が発生する。

$3Cu+8HNO_3\longrightarrow 3Cu(NO_3)_2+4H_2O+2NO\uparrow$

二酸化窒素を発生させるには濃硝酸を使う。

$Cu+4HNO_3\longrightarrow Cu(NO_3)_2+2H_2O+2NO_2\uparrow$

使用する液体の種類が不適当である。

③ 硫化水素発生の反応式は次のとおり。

$FeS+H_2SO_4\longrightarrow FeSO_4+H_2S\uparrow$

A に液体の希硫酸を入れ，B に固体の硫化鉄(Ⅱ)のかたまりを入れており，これが最も適当である。

④ 酸素発生の反応式は次のようになる。酸化マンガン(Ⅳ)は触媒としてはたらく。

$2H_2O_2\longrightarrow 2H_2O+O_2\uparrow$

A に固体の酸化マンガン(Ⅳ)，B に液体の過酸化水素水を入れているので不適当である。また，A，B に入れる物質を入れ替えたとしても，酸化マンガン(Ⅳ)が粉末なので，気体の発生を止めたいときに液体から分離するのが難しい。

問3 15 ⑥

まず，金属 A〜C がアルミニウム，亜鉛，鉛のいずれであるかを決定する。金属 A は，アルカリマンガン乾電池，酸化銀電池，空気電池の負極活物質として用いられているから，亜鉛 Zn である。金属 B は，自動車のバッテリーに使われる実用二次電池，つまり鉛蓄電池の負極活物質として用いられているから，鉛 Pb である。金属 C は，密度が小さく，電気や熱の伝導性が大きいのでアルミニウム Al である。

次に，1.0 mol の A〜C に過剰の塩酸を加えたときに発生する水素の物質量を考える。A（亜鉛 Zn）の場合，次の反応により 1.0 mol の水素が発生する。

$Zn+2HCl\longrightarrow ZnCl_2+H_2\uparrow$

B（鉛 Pb）も同様な反応

$Pb+2HCl\longrightarrow PbCl_2+H_2\uparrow$

が起きそうだが，鉛の場合，水に溶けにくい $PbCl_2$ の被膜が表面を覆うため，鉛は希塩酸とはほとんど反応しない。その結果，水素もほとんど発生しない。なお，希硫酸を使っても水に難溶な $PbSO_4$ ができるため，鉛は希硫酸ともほとんど反応しない。

C（アルミニウム Al）からは，次の反応で 1.5 mol の水素が発生する。

$2Al+6HCl\longrightarrow 2AlCl_3+3H_2\uparrow$

以上により，発生する水素の物質量は，C＞A＞B となる。

問4 16 ⑤

実験Ⅰと**実験Ⅱ**で起こっている鉄と銅の反応を化学反応式で表しながら，選択肢①〜⑥の正誤を検討する。

① 鉄に希硫酸を加えると，鉄は水素を発生して溶け，鉄(Ⅱ)イオン Fe^{2+} を含む硫酸鉄(Ⅱ)になる。

$Fe+H_2SO_4\longrightarrow FeSO_4+H_2\uparrow$

水溶液中の Fe^{2+} の色は淡緑色である（色が薄いときはほぼ無色に見える）。**正**

② Fe^{2+} を含む硫酸酸性水溶液に過酸化水素水を加えると，過酸化水素が酸化剤としてはたらき，Fe^{2+} が酸化されて鉄(Ⅲ)イオン Fe^{3+} になる。

$2Fe^{2+}+H_2O_2+2H^+\longrightarrow 2Fe^{3+}+2H_2O$

なお，実際にこの反応を行うと，生成した Fe^{3+} が触媒となって次の過酸化水素の分解反応も同時に起こり，気体の発生が見られる。

$2H_2O_2\longrightarrow 2H_2O+O_2\uparrow$

水溶液中の Fe^{3+} の色は黄褐色である。Fe^{3+} の水和錯イオンの色は淡紫色だが（色が薄いとほぼ無色に見える），加水分解するため黄褐色になる。**正**

③ Fe^{3+} を含む水溶液にヘキサシアニド鉄(Ⅱ)酸カリウム $K_4[Fe(CN)_6]$ の水溶液を加えると，濃青色の沈殿を生じる。これは Fe^{3+} の検出によく使われる反応である。**正**

④ 銅は水素よりイオン化傾向が小さいので，希硫酸を加えただけでは溶けない。これに酸化剤として過酸化水素を加えると，次の反応が起こって銅が溶け，銅(Ⅱ)イオンを含む硫酸銅(Ⅱ)になる。

$Cu+H_2SO_4+H_2O_2\longrightarrow CuSO_4+2H_2O$

なお，実際にこの反応を行うと，生成した Cu^{2+} が Fe^{3+} と同様に触媒となり，過酸化水素の分解反応が同時進行する。その結果，気体の発生が見られる。水溶液中の Cu^{2+} の色は青色である。**正**

⑤ Cu^{2+} を含む水溶液に水酸化ナトリウムやアンモニアなどの塩基の水溶液を加えると，青白色の水酸化銅(Ⅱ)が沈殿する。

$Cu^{2+}+2OH^-\longrightarrow Cu(OH)_2$

ただし，アンモニア水では，過剰に加えるとテトラアンミン銅(Ⅱ)イオンをつくって沈殿が溶ける。

$Cu(OH)_2+4NH_3\longrightarrow [Cu(NH_3)_4]^{2+}+2OH^-$

この場合は，過剰に加えても沈殿は溶けなかったので，加えた試薬はアンモニアの水溶液ではない。水酸化ナトリウムなど，強塩基の水溶液を加えたと考えられる。**誤**

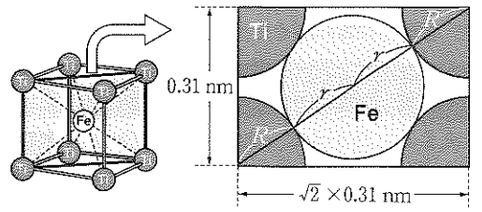
⑥ 水酸化銅(Ⅱ)の青白色沈殿を加熱すると，次の反応が起こり，酸化銅(Ⅱ)の黒色沈殿に変化する。

$Cu(OH)_2\longrightarrow CuO+H_2O$

下線部6)の沈殿は，酸化物である。**正**

問5 a 17 ④

Fe 原子と Ti 原子は，図2の左側の網をかけた面で接している。この面を書き出してみると次のようになる。



この図から，次の関係が成り立つ。

$\sqrt{3}\times0.31\,nm=2\times(r+R)$

$\sqrt{3}=1.73$ を代入して，$r+R=0.268$ nm となる。

b 18 ③

図2の右側を見ると，H 原子は，単位格子の各面の中心に $\frac{1}{2}$ 個分吸蔵される。したがって，一辺が 0.31 nm の立方体の単位格子1個に吸蔵できる H 原子の数は最大で $\frac{1}{2}$ 個 $\times6=3$ 個であり，水素分子 H_2 にすると 1.5 個である。よって，この合金 1 cm^3 が吸蔵できる水素分子 H_2 の数 N は，次のようになる。

$$N=\frac{1.0\ cm^3}{(0.31\ nm)^3}\times1.5$$

$1\,nm=10^{-9}\,m=10^{-7}\,cm$，$3.1^3=30$ を代入すると

$N=0.50\times10^{23}$

となる。この個数の水素分子は，0 °C，1.013×10^5

Pa における体積が，次のようになる。

$$\frac{0.50\times10^{23}}{6.0\times10^{23}\,/\mathrm{mol}}\times22.4\,\mathrm{L/mol}=1.86\,\mathrm{L}$$

第4問

問1 19 ①

① 有機化合物は必ず炭素 C を含むが，四塩化炭素 CCl_4 のように水素 H を含まない有機化合物もあり，必ず水素 H を含むとは限らない。**誤**

② 有機化合物の主な構成元素は，C，H，O，N，S，P，ハロゲンなど少数の非金属元素であり，構成元素の種類は無機物質に比べて少ない。**正**

③ 有機化合物は構成元素の種類は少ないが，C 原子が次々と共有結合でつながって鎖状や環状の骨格をつくり，C 原子間の結合も単結合だけでなく二重結合や三重結合もあるため，化合物の種類は無機物質に比べて多い。**正**

④ 有機化合物の主な構成元素は非金属元素なので，原子間の結合は主に共有結合である。**正**

⑤ 有機化合物の多くは，水よりも石油やジエチルエーテルなどの有機溶媒に溶けやすい。**正**

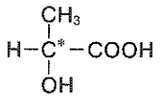
⑥ 有機化合物の性質は，主に官能基の種類によって決まる。たとえば，官能基としてヒドロキシ基 −OH をもつアルコール R−OH（R−は炭化水素基）の場合，炭化水素基は沸点や水への溶解度などに影響を及ぼす程度であり，酸化や脱水などアルコールの反応の多くはヒドロキシ基が関わっている。同じ官能基をもつ化合物は共通した性質をもつので，炭化水素基と官能基からなる有機化合物は，官能基の種類によって分類されている。**正**

問2 20 ②

① 組成式が CH_2O で炭素数が 1 の場合，分子式も CH_2O である。この分子式の化合物は，次のホルムアルデヒドしかなく，異性体が存在しない。**正**

② 炭素数 2 の場合，分子式は $C_2H_4O_2$ である。ヨードホルム反応は CH_3-CO-R や $CH_3-CH(OH)-R$ の構造をもつ化合物で見られるが，−R は O 原子から始まる原子団であってはならない。$C_2H_4O_2$ の場合，前者は酢酸 $CH_3-CO-OH$ しかなく，−R が O 原子から始まる原子団なので，ヨードホルム反応を示さない。後者は H 原子の数が 5 以上なのでこの構造の化合物が存在しない。結局，分子式 $C_2H_4O_2$ でヨードホルム反応を示すものは存在しない。**誤**

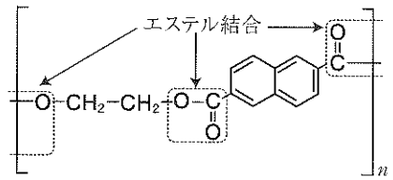
③ 炭素数 3 の場合，分子式は $C_3H_6O_3$ である。この分子式では，次の構造の乳酸が不斉炭素原子 C^* をもつ。**正**



④ 炭素数 6 の場合，分子式は $C_6H_{12}O_6$ である。この分子式は，グルコースやフルクトースなど単糖類の分子式である。単糖類には還元性があり，フェーリング液を還元する。**正**

問3 21 ⑥

ポリエチレンナフタレート（略称 PEN）は教科書には出ていないので，この問題では PEN の構造をポリエチレンテレフタラート（略称 PET）から類推する必要がある。PEN は，問題文の図 1 に示した 2 価アルコール A（エチレングリコール）と 2 価カルボン酸 B（ナフタレン−2,6−ジカルボン酸）から，縮合重合でつくられるポリエステルで，次の構造をもつ。



[ ] 内の繰り返し構造の原子量の総和は

$$62+216-18\times2=242$$

である。また，この繰り返し構造の中にはエステル結合 −O−CO− が 2 個ある。したがって，分子量が 7.0×10^4 の PEN 1 分子中に含まれるエステル結合の数は，次のようになる。

$$\frac{7.0\times10^4}{242}\times2=5.78\times10^2$$

PEN は PET に比べて強度，耐熱性，耐化学薬品性があり，気体や紫外線を通しにくいといった優れた性質をもつが，高価なので利用は限られた分野になり，PET ほど市場に出回っていない。

問4 22 ⑤

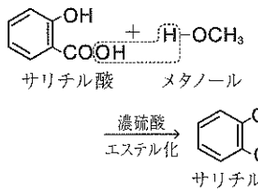
バニリルアミンは分子式が $C_8H_{11}NO_2$ で，ベンゼン環の 3 つの水素原子−H を，3 種類の異なる置換基−X，−Y，−Z で置き換えたものだから，これらの置換基の原子の合計は，次のようになる。

$$C_8H_{11}NO_2-C_6H_3=C_2H_8NO_2$$

アより，置換基 −X，−Y，−Z は炭化水素基ではないので，それぞれの置換基に N か O が 1 個ずつ含まれていることになる。イより，置換基 −X はフェノール性ヒドロキシ基 −OH である。ウより，置換基 −Y は $-R-NH_2$ の構造をもつ（−R−は炭化水素基）。上で求めたように，置換基の炭素数は合計で 2 だから，炭化水素基 −R− は，$-CH_2-$ か $-C_2H_4-$ になるが，$-C_2H_4-$ だと置換基の残りの原子数から考えて置換基 −Z が −OH となり，置換基 −X と同じになってしまう。したがって，置換基 −Y は $-CH_2-NH_2$ に決まる。置換基 −Z は残りの原子数から考えて，$-CH_3O$ になる。これには $-CH_2-OH$ と $-O-CH_3$ の構造が考えられるが，エより，C_6H_5-Z は構造異性体の関係にあるほかの芳香族化合物よりも沸点が低いので，置換基−Z は水素結合をつくらず（−OH をもたず）沸点の低い $-O-CH_3$ に決まる。

問5 23 ⑤

サリチル酸とメタノールからサリチル酸メチルを合成するエステル化反応は，次のようになる。



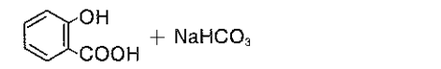
① 問題の図 2 で，熱水を加熱するのにガスバーナーではなくホットプレートを用いるのは，有機化合物への引火を防ぐためである。**正**

② 図 2 で，丸底フラスコ内に沸騰石を入れるのは，突発的な沸騰（**突沸**という）を防ぐためである。**正**

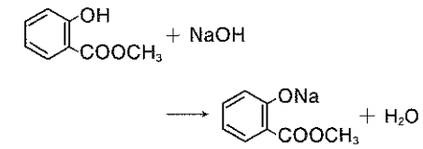
③ 図 2 の冷却器は，蒸発した有機化合物を冷やして液体にし，丸底フラスコに戻すために取りつけてある。このような操作を**還流**という。還流冷却器をつけないと，メタノール（沸点 65°C）のような沸点の低い有機化合物は，蒸発して失われてしまう。還流冷却器には下から上に水を流し，冷却器の管内が常に冷却水で満たされるようにする。**正**

④ 濃硫酸はエステル化の触媒としてよく用いられる。濃硫酸はほとんど水を含まないので，エステルができる向きに平衡が移動しやすい。**正**

⑤ 炭酸水素ナトリウム水溶液は，触媒の濃硫酸と反応するだけではなく，未反応のサリチル酸とも反応する（サリチル酸メチルとは反応しない）。



これによりサリチル酸は塩をつくって水に溶けるようになり，サリチル酸メチルから分離される。炭酸水素ナトリウム水溶液のかわりに水酸化ナトリウム水溶液を使うと，サリチル酸だけでなくサリチル酸メチルも塩をつくって水に溶けてしまう。



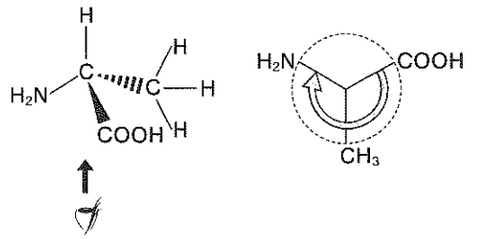
サリチル酸メチルが得られなくなるので，水酸化ナトリウム水溶液を使うことはできない。**誤**

第5問

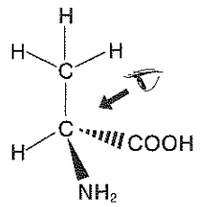
問1 a 24 ④

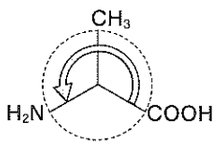
② は側鎖 −R が $-CH(CH_3)_2$ のバリン，③ は側鎖 −R が $-CH_2OH$ のセリンである。アラニンは側鎖 −R がメチル基 $-CH_3$ なので，① か ④ になる。

① は，次の図のように➡から分子を見て，H 原子を不斉炭素原子の後方に置き，手前にある原子団をカルボキシ基 −COOH → 側鎖 $-CH_3$ → アミノ基 $-NH_2$ の順に回転させると時計回り（右回り）になるから，D 型である。つまり，D-アラニンである。



④ も，次の図のように➡から分子を見て同様に回転させると，こちらは反時計回り（左回り）になるからＬ型である。つまり，L-アラニンである。





参考までに②と③のD型/L型の区別を書くと，②はD-バリン，③はD-セリンになる。

なお，天然のタンパク質を構成するα-アミノ酸は，すべてL型である。

b　25　④

D型とL型の関係にある一対の鏡像異性体は，融点，密度，水に対する溶解度などの性質は変わらないが，光に対する性質が異なり，平面偏光を回転させる向きが異なる。このため，鏡像異性体のことを光学異性体ということもある。ただし，不斉炭素原子が2個以上ある化合物の場合は光学異性体の定義が難しくなる。最近の教科書では，「光学異性体」という語句を使わず，「鏡像異性体」を使うようになってきている。

問2　**a**　26　①

グリシンの陽イオンを G^+，双性イオンを $G^{\pm}$，陰イオンを G^- で表すと，イオン間の電離平衡は

$$G^+ \underset{H^+}{\overset{OH^-}{\rightleftharpoons}} G^{\pm} \quad K_1 = \frac{[G^{\pm}][H^+]}{[G^+]} = 4.5 \times 10^{-3}\ \text{mol/L}$$

$$G^{\pm} \underset{H^+}{\overset{OH^-}{\rightleftharpoons}} G^- \quad K_2 = \frac{[G^-][H^+]}{[G^{\pm}]} = 1.7 \times 10^{-10}\ \text{mol/L}$$

であるから，pHが小さく $[H^+]$ が大きいほど平衡は左向きに移動し，$[G^+]$ が大きくなる。逆に，pHが大きく $[H^+]$ が小さいほど平衡は右向きに移動し，$[G^-]$ が大きくなる。したがって，Aが陽イオン，Bが双性イオン，Cが陰イオンである。

b　27　③　28　⑤

図2の矢印←で示した点では，$[G^+] = [G^{\pm}]$ なので，この関係を電離定数 K_1 の式に代入すると

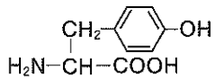
$$K_1 = \frac{[G^{\pm}][H^+]}{[G^+]} = [H^+] = 4.5 \times 10^{-3}\ \text{mol/L}$$

が得られる。したがって，矢印←で示した点のpHは次のようになる。

$$\text{pH} = -\log_{10}(4.5 \times 10^{-3})$$
$$= 3 - \log_{10}4.5 = 3 - 0.65 = 2.35$$

問3　29　③

ア　濃硝酸を加えて加熱すると黄色になるのは，アミノ酸のベンゼン環がニトロ化されるためである。ペプチドにチロシンのようなニトロ化されやすい芳香族アミノ酸が含まれている場合に起こる。この反応を**キサントプロテイン反応**という。

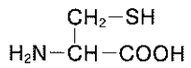


チロシン

イ　ニンヒドリン水溶液を加えて加熱すると赤紫色になる反応は，アミノ基 $-NH_2$ に起因する反応で，ペプチドやアミノ酸全般で起こり，特定のアミノ酸とは関係がない。

ウ　水酸化ナトリウム水溶液を加えた後，少量の硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えると赤紫色になるのは，2つ以上のペプチド結合が銅(Ⅱ)イオン Cu^{2+} と錯イオンを形成するためである。2つ以上のペプチド結合をもつペプチド(トリペプチド以上のペプチド)で見られる。この反応を**ビウレット反応**という。ペプチド結合の数は関係するが，特定のアミノ酸とは関係がない。

エ　水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱後，酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えると黒色沈殿が生じるのは，硫化鉛(Ⅱ) PbS の黒色沈殿を生じるためである。この反応はシステインのような硫黄Sを含むアミノ酸の検出に用いられる。



システイン

以上により，特定のアミノ酸を含む場合にだけ起こる反応は，**ア**と**エ**である。