

必要があれば、以下の原子量、定数および近似値を使うこと。

また、気体はすべて理想気体として扱うものとする。

H: 1.00 C: 12.0 N: 14.0 O: 16.0 Al: 27.0 Br: 80.0

気体定数:  $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

アボガドロ定数:  $N_A = 6.00 \times 10^{23} / \text{mol}$

水のイオン積  $K_w = 1.00 \times 10^{-14} (\text{mol} / \text{L})^2$

$\sqrt{2} = 1.41 \quad \sqrt{3} = 1.73$

第1問 次の問い(問1~7)に答えよ。〔解答番号  ~  〕

問1 コロイドに関する記述(ア~ウ)について、それらの正誤の組合せとして最も適当なものを、下の①~⑩のうちから一つ選べ。

ア コロイド溶液中に存在するコロイド粒子の大きさは、およそ  $10^{-9} \sim 10^{-7} \text{ m}$  ( $1 \sim 10^2 \text{ nm}$ ) 程度であり、それらはすべて球形である。

イ 霧や雲のように、気体の分散質(水蒸気)が気体の分散媒(空気)に分散したコロイドをエアロゾルともいう。

ウ 親水コロイドに一定量以上の疎水コロイドを加えると、親水コロイドの粒子が疎水コロイドの粒子に取り囲まれ、凝析を起こしにくくなる。

	ア	イ	ウ
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

問3 図1のように、2つの集気びんAとBとをガラス板を挟んで重ねた。集気びんAに気体の窒素を、Bに気体の臭素を満したのち、ガラス板を静かに引き抜いて室温で十分に長い時間静置した。このとき観察される現象として最も適当なものを、次の①~⑩のうちから一つ選べ。

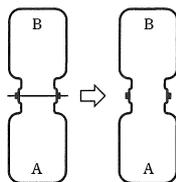


図1

- ① 臭素と窒素が完全に入れ替わり、集気びんAには臭素のみが、集気びんBには窒素のみが存在する状態になる。
- ② ガラス板を静かに引き抜けば、何も変化が起こらない。
- ③ 臭素と窒素はともに集気びんA、Bの全体に均一に広がった状態になる。
- ④ 互いに混ざり合うが、長時間経過しても均一には広がらず、集気びんAには臭素が高濃度で、集気びんBには窒素が高濃度で存在する状態になる。
- ⑤ 互いに混ざり合うが、長時間経過しても均一には広がらず、集気びんAには窒素が高濃度で、集気びんBには臭素が高濃度で存在する状態になる。
- ⑥ 窒素は2つの集気びん全体に均一に広がるが、臭素は集気びんAに高濃度で存在する状態になる。
- ⑦ 臭素は2つの集気びん全体に均一に広がるが、窒素は集気びんBに高濃度で存在する状態になる。

問2 ある金属単体の結晶は、それらを構成する原子が金属結合によって互いに結びついて、図1で表される結晶構造(体心立方格子の結晶構造)をつくっている。この金属単体の結晶構造が図2で表される結晶構造(面心立方格子の結晶構造)に変化したとき、その結晶密度  $[\text{g}/\text{cm}^3]$  は  $\frac{a\sqrt{b}}{c}$  倍に変化する。a、bおよびcにあてはまる整数値として最も適当なものを、下の①~⑩のうちから一つずつ選べ。ただし、結晶中の原子は、結晶構造が変化しても、すべて同じ半径の球のままであるものとし、それらは図1および図2のように互いに最も近くに存在する原子同士が接触して結合しているものとする。同じ番号を解答してもよい。

a  b  c



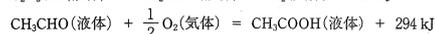
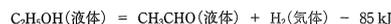
図1



図2

- ① 1                      ② 2                      ③ 3                      ④ 4
- ⑤ 5                      ⑥ 6                      ⑦ 7                      ⑧ 8
- ⑨ 9

問4 第一級アルコールであるエタノール  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  を酸化すると、アセトアルデヒド  $\text{CH}_3\text{CHO}$  を経て酢酸  $\text{CH}_3\text{COOH}$  に変化する。



10.0 gのエタノール(液体)が酸素(気体)と反応して、酢酸(液体)と水(液体)に変化するときの反応熱  $[\text{kJ}]$  はいくらか。最も適当な数値を、次の①~⑩のうちから一つ選べ。ただし、 $\text{H}_2\text{O}$ (液体)の生成熱は  $286 \text{ kJ}/\text{mol}$  とする。  kJ

- ① 17                      ② 46                      ③ 77                      ④ 108
- ⑤ 170                      ⑥ 209                      ⑦ 290                      ⑧ 356
- ⑨ 495

問5 電池と電気分解に関する記述(ア~ウ)について、それらの正誤の組合せとして最も適当なものを、下の①~⑩のうちから一つ選べ。 7

ア 鉛蓄電池を充電すると、外部電源の負極に接続した電極が鉛に、正極に接続した電極が硫酸鉛(II)に変化して、電解液中には硫酸が生成する。

イ 電解液としてリン酸水溶液を使用するリン酸型の水素-酸素燃料電池では、電極に含まれる白金 Pt が触媒としてはたらく、酸化還元反応の活性化エネルギーを低下させている。

ウ 硝酸銀水溶液を電気分解するとき、陽極に白金、陰極に銀を用いれば、電解液中に溶解している銀イオンの物質量は変化しない。

	ア	イ	ウ
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

問6 次の物質(A)および物質(B)の組合せのうち、(A)の水溶液が酸性を示し、(B)の水溶液が塩基性を示す物質の組合せは 8、(A)が塩基性塩であり、(B)が酸性塩である物質の組合せは 9 である。空欄 8 および 9 にあてはまる物質の組合せとして最も適当なものを、次の①~⑩のうちから一つずつ選べ。同じ番号を解答してもよい。

	(A)	(B)
①	BaCl(OH)	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>
②	CaCl <sub>2</sub>	CH <sub>3</sub> COONa
③	CH <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>
④	CuSO <sub>4</sub>	HNO <sub>3</sub>
⑤	K <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
⑥	NaNO <sub>3</sub>	KMnO <sub>4</sub>
⑦	NaHCO <sub>3</sub>	(COOH) <sub>2</sub>
⑧	NaHSO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> S
⑨	NH <sub>4</sub> Cl	SO <sub>3</sub>

問7 モル濃度を 0.20 mol/L に調製したある 1 価の弱塩基水溶液 100 mL 中には、およそ何個の水素イオン H<sup>+</sup> (オキシニウムイオン H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) が含まれているか。最も適当なものを、次の①~⑩のうちから一つ選べ。ただし、この温度における弱塩基の電離定数  $K_b = 2.0 \times 10^{-5}$  mol/L、溶解している弱塩基の電離度  $\alpha$  は、1 に対して十分に小さいので、 $1 - \alpha \approx 1$  の近似が成立するものとして計算せよ。 10

- ①  $3.0 \times 10^8$     ②  $1.2 \times 10^9$     ③  $3.0 \times 10^9$     ④  $1.2 \times 10^{10}$   
 ⑤  $3.0 \times 10^{10}$     ⑥  $1.2 \times 10^{11}$     ⑦  $3.0 \times 10^{11}$     ⑧  $1.2 \times 10^{12}$   
 ⑨  $3.0 \times 10^{12}$

第2問 次の問い(問1~7)に答えよ。[解答番号 11 ~ 21]

問1 水素に関する記述(ア~ウ)について、それらの正誤の組合せとして最も適当なものを、下の①~⑩のうちから一つ選べ。 11

ア 水素は、宇宙に最も多くの原子数が存在している元素である。

イ 水素の単体は、乾燥空気中に約 1% (体積) 含まれているので、液体空気を分留することによって工業的に製造されている。

ウ 水素原子は、非金属元素の原子と共有結合によって分子をつくり、陽性の強い金属元素の原子とイオン結合によって分子をつくる。

	ア	イ	ウ
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

問2 元素の周期表で15族に属する元素に関する記述(ア～ウ)について、それらの正誤の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑩のうちから一つ選べ。 12

- ア 窒素の単体は空气中に存在するが、リンの単体は天然にはその存在が知られていない。
- イ  $\text{NO}_x$  (ノックス) と総称される窒素の酸化物や  $\text{P}_2\text{O}_{10}$  などのリンの酸化物は、いずれも水に溶けやすい。
- ウ リン鉱石(主成分はリン酸カルシウム  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ )を硫酸で処理すると、過リン酸石灰とよばれるリン酸水素カルシウム  $\text{CaHPO}_4$  と硫酸カルシウム  $\text{CaSO}_4$  の混合物が得られる。

	ア	イ	ウ
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

問3 図1は、オランダのキップ(1806年～1864年)が発明した気体発生装置を示している。この装置を用いて、石灰石と希塩酸から二酸化炭素を発生させる実験を行った。この実験操作に関する記述(ア～ウ)について、それらの正誤の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑩のうちから一つ選べ。 13

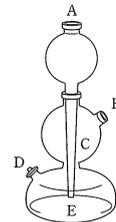


図1

- ア Eに入れた石灰石に、希塩酸をAからCの内側の管を通して少量ずつ加える。
- イ 生じる二酸化炭素は、Dを閉じた状態でBから装置外に発生させる。
- ウ 希塩酸を希硫酸や希硝酸にかえて実験を行うと、二酸化炭素はほとんど発生しない。

	ア	イ	ウ
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

問4 次の(a)～(j)の実験操作を行った。これらのうち、水蒸気以外の気体が全く、またはほとんど発生しない操作の数は 14 種類、無色・無臭の気体が発生する操作の数は 15 種類、捕集法として水上置換が不適切になる気体が化学変化によって生成する操作の数は 16 種類である。空欄 14 ～ 16 にあてはまる数字として最も適当なものを、下の①～⑩のうちから一つずつ選べ。同じ番号を解答してもよい。

- (a) アルミニウムを濃硝酸に加える。
- (b) 酢酸ナトリウムと水酸化ナトリウムの混合物を加熱する。
- (c) 銅を濃硝酸に加える。
- (d) 鉛を濃塩酸に加えて加熱する。
- (e) 塩素酸カリウムと酸化マンガン(IV)の混合物を加熱する。
- (f) 銀を希硫酸に加える。
- (g) 濃硫酸と塩化ナトリウムの混合物を加熱する。
- (h) ギ酸と濃硫酸の混合物を加熱する。
- (i) 硫酸アンモニウムと塩化カルシウムの混合物を加熱する。
- (j) 鉄を濃水酸化ナトリウム水溶液に加えて加熱する。

- ① 1                      ② 2                      ③ 3                      ④ 4  
 ⑤ 5                      ⑥ 6                      ⑦ 7                      ⑧ 8  
 ⑨ 9

問5 鉄を希塩酸に加えると (A) 水溶液となる。(A) 水溶液に (B) の水溶液を加えたときには濃青色沈殿が生じ、(A) 水溶液にチオシアン酸カリウム  $\text{KSCN}$  水溶液を加えたときには、(C)。空欄 (A) ～ (C) にあてはまる語句、化学式、および記述の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑩のうちから一つ選べ。 17

	(A)	(B)	(C)
①	$\text{FeCl}_2$ の淡緑色	$\text{K}_5[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	血赤色水溶液に変化する
②	$\text{FeCl}_2$ の淡緑色	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	水溶液の変化は観察されない
③	$\text{FeCl}_2$ の淡緑色	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	血赤色水溶液に変化する
④	$\text{FeCl}_2$ の淡緑色	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	水溶液の変化は観察されない
⑤	$\text{FeCl}_3$ の黄褐色	$\text{K}_5[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	血赤色水溶液に変化する
⑥	$\text{FeCl}_3$ の黄褐色	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	水溶液の変化は観察されない
⑦	$\text{FeCl}_3$ の黄褐色	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	血赤色水溶液に変化する
⑧	$\text{FeCl}_3$ の黄褐色	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	水溶液の変化は観察されない

問6 次の記述(ア～ウ)に最も関連が深い元素を、下の①～⑩のうちから一つずつ選べ。

- ア 単体を空气中で加熱すると、1000℃以下では黒色の酸化物が、1000℃以上では赤色の酸化物が生成する。 [18]
- イ 単体がアマルガムとよばれる合金をつくり、化合物には毒性を持つものが多い。 [19]
- ウ 銀とイオン結合した化合物は水に溶けやすいが、カルシウムとイオン結合した化合物は水に溶けにくい。 [20]

- ① アルミニウム      ② 硫黄                  ③ 塩素  
 ④ 銀                    ⑤ 酸素                  ⑥ 水銀  
 ⑦ 銅                    ⑧ フッ素                ⑨ ヨウ素

問7 物質の工業的製造法に関する記述(ア～ウ)について、それらの正誤の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑩のうちから一つ選べ。 [21]

- ア 硫酸の工業的製造法である接触法(接触式硫酸製造法)では、酸化剤として酸化バナジウム(V) $V_2O_5$ を用いて二酸化硫黄 $SO_2$ を三酸化硫黄 $SO_3$ に酸化する工程が含まれている。
- イ ナトリウムの単体は、塩化ナトリウムを融点降下剤である氷晶石(主成分は $Na_3AlF_6$ )とともに融解塩電解して製造する。
- ウ 銅の電解精錬では、陰極として用いた純銅板上に純度99.99%以上の銅が析出する。

	ア	イ	ウ
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

第3問 次の問い(問1～7)に答えよ。[解答番号 22 ~ 37]

問1 有機化合物に含まれる元素の種類を調べる実験を行い、次の結果(ア～ウ)を得た。それぞれの実験結果によって確認された元素として最も適当なものを、下の①～⑩のうちから一つずつ選べ。

- ア 十分に乾燥した試料の粉末を酸化銅(II)とともに試験管の中で加熱すると、管口付近に無色の液体が生じた。この液体を白色の硫酸銅(II)無水塩の粉末に加えると粉末が青色に変化した。 [22]
- イ 試料の粉末を焼いた銅線に附着させて炎に入れると、青緑色の炎色反応が見られた。 [23]
- ウ 試料の粉末に水酸化ナトリウムを加えて加熱すると、刺激臭の気体が発生した。この気体を濃塩酸に近づけると白煙が生じた。 [24]

- ① 硫黄                  ② 塩素                  ③ カリウム              ④ 酸素  
 ⑤ 水素                  ⑥ 炭素                  ⑦ 窒素                    ⑧ ナトリウム

問2 ナフタレン( $C_{10}H_8$ )の構造式は、ベンゼン( $C_6H_6$ )の構造式(図1)と同様に、環を構成する炭素原子とその炭素原子に結合する水素原子を省略した構造式を用いることが多い(図2)。ナフタレンの水素1原子を塩素原子に置換した化合物( $C_{10}H_7Cl$ )には [25] 種類の構造異性体が、水素6原子を塩素原子に置換した化合物( $C_{10}H_4Cl_6$ )には [26] 種類の構造異性体が存在する。空欄 [25] および [26] にはまる数字として最も適当なものを、次の①～⑩のうちから一つずつ選べ。同じ番号を解答してもよい。



図1

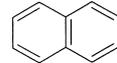


図2

- ① 2                      ② 3                      ③ 4                      ④ 6  
 ⑤ 10                    ⑥ 12                    ⑦ 14                    ⑧ 18  
 ⑨ 24

問3 分子式が $C_{10}H_{14}O$ で表される芳香族アルコールXを硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を用いて酸化すると、分子式が $C_{10}H_{12}O$ で表される芳香族化合物Yが生成した。Yは銀鏡反応を示さない中性物質であり、1分子中に1個の不斉炭素原子が存在していた。これらのことから、Xとして最も適当な化合物には、不斉炭素原子が(A)。また、Xを濃硫酸とともに加熱したときに生成する分子式が $C_{10}H_{12}$ で表される芳香族炭化水素には、沸点が異なる(B)の異性体が得られる可能性がある。空欄(A)および(B)にあてはまる記述、および語句の組合せとして最も適当なものを、下の①~⑩のうちから一つ選べ。 27

	(A)	(B)
①	存在しない	2種類
②	存在しない	3種類
③	存在しない	4種類
④	1個存在する	2種類
⑤	1個存在する	3種類
⑥	1個存在する	4種類
⑦	2個存在する	2種類
⑧	2個存在する	3種類
⑨	2個存在する	4種類

問4 有機化合物の一種である(A)は、1825年にイギリスの(B)が鯨油の熱分解生成物中から発見し、1834年にドイツのミケルリッヒがその分子式を決定した。その後、多くの化学者が(A)の構造に興味をもち、いろいろな構造式を提案した。現在知られている(A)の構造式は、1865年にドイツの(C)が提案したもので(C)式ともよばれている。空欄(A)~(C)にあてはまる化合物名および人名の組合せとして最も適当なものを、次の①~⑩のうちから一つ選べ。 28

	(A)	(B)	(C)
①	グルコース	サンガー	ケクレ
②	グルコース	サンガー	フィッシャー
③	グルコース	ファラデー	ケクレ
④	グルコース	ファラデー	フィッシャー
⑤	ベンゼン	サンガー	ケクレ
⑥	ベンゼン	サンガー	フィッシャー
⑦	ベンゼン	ファラデー	ケクレ
⑧	ベンゼン	ファラデー	フィッシャー

問5 グルコース、スクロース、マルトース、ラクトースの4種類の糖類を含む水溶液Xに、次の(a)~(e)の実験操作を行い、表1の結果を得た。これらの実験結果に関する記述(i)および(ii)中の空欄29~35にあてはまる数字として最も適当なものを、下の①~⑩のうちから一つずつ選べ。ただし、各操作でおこる糖類の加水分解反応、および固体生成反応は完全に進行するものとする。同じ番号を解答してもよい。

- (a) 10.0 mLの水溶液Xにアミラーゼ水溶液を少量加えて37℃に30分間保った。これを水溶液Aとする。
- (b) 10.0 mLの水溶液Xにマルターゼ水溶液を少量加えて37℃に30分間保った。これを水溶液Bとする。
- (c) 10.0 mLの水溶液Xにラクターゼ水溶液を少量加えて37℃に30分間保った。これを水溶液Cとする。
- (d) 10.0 mLの水溶液Xにインベルターゼ水溶液を少量加えて37℃に30分間保った。これを水溶液Dとする。
- (e) 10.0 mLの水溶液Xに希硫酸を少量加えて100℃に30分間保った。これを水溶液Eとする。
- (f) (a)~(e)の各操作で得られた水溶液A~Eのそれぞれに十分量のフェーリング液を加えて加熱すると、すべての水溶液に、水に溶けにくい赤色の固体が生じた。
- (g) (f)の操作で生じた赤色の固体を適当な方法で分離して、それらの質量を測定した。

水溶液Aから生じた赤色固体	水溶液Bから生じた赤色固体	水溶液Cから生じた赤色固体	水溶液Dから生じた赤色固体	水溶液Eから生じた赤色固体
w [g]	1.2w [g]	1.6w [g]	1.8w [g]	2.6w [g]

表1

(i) 水溶液Xに含まれていたグルコース、スクロース、マルトース、ラクトースの4種類の糖類の物質質量比は、最も簡単な整数比で29 : 30 : 31 : 32である。

(ii) 水溶液Eに含まれていた糖類は3種類であり、これら糖類の物質質量比は、多い順に最も簡単な整数比で33 : 34 : 35である。

- ① 1                      ② 2                      ③ 3                      ④ 4  
 ⑤ 5                      ⑥ 6                      ⑦ 7                      ⑧ 8  
 ⑨ 9

Windom

問6 タンパク質に関する記述(ア～ウ)について、それらの正誤の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑧のうちから一つ選べ。 36

ア 加水分解すると、 $\alpha$ -アミノ酸以外に、糖類、リン酸、色素、脂質、核酸などの成分が生じるタンパク質を複合タンパク質といい、これらの多くは水に溶けやすい球状タンパク質である。

イ 一般にタンパク質が変性するとき、それらの高次構造が変化するのみで、一次構造は変化しない。

ウ 卵白の水溶液に、水酸化ナトリウム水溶液を加えて塩基性にした後、少量の硫酸銅(II)水溶液を加えると、水溶液が赤紫色になる。

	ア	イ	ウ
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

問7 次の記述(ア～カ)中の化合物A～Fのいずれにも該当しない医薬品の構造式を、下の①～⑧のうちから一つ選べ。 37

ア 19世紀初頭に、セイヨウシロヤナギ(学名 *Salix Alba*)の樹皮から単離されたサリシン Salicin が体内で変化して生じる化合物Aに解熱鎮痛作用があることが解明された。

イ 化合物Aには胃に対する強い副作用があるため、その副作用を無水酢酸などでアセチル化してやわらげた化合物Bが、解熱鎮痛剤として開発され、これが現在でも使われている。

ウ 19世紀中頃、誤って患者に投与されたことから、化合物Cの解熱作用が発見されたが、化合物Cには血液病を引き起こす強い副作用があるので、現在は使われていない。

エ 化合物Cの分子構造の一部を化学的に変化させて副作用を抑えた化合物Dは、現在でも小児用のかぜ薬に配合されている。化合物Dは、塩化鉄(III)で呈色する構造をもつ。

オ 化合物Dと同様に化合物Cの代替品として開発された化合物Eは、腎障害の副作用が確認されたため、日本では2001年から使われなくなった。化合物Eは、エーテル結合をもつ。

カ 化合物Fは、現在でも化合物B、化合物Dなどとともに、解熱鎮痛剤として広く使われている。化合物Fは、分子内に不斉炭素原子をもつ。

