

理 科 (90 分)

〔化 学〕

2020 年 2 月 25 日

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 この問題冊子は 14 ページあります。2 ページ目と 3 ページ目は白紙です。
試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合には、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 3 解答用紙は 4 枚です。解答はすべて解答用紙の所定の場所に記入しなさい。
- 4 受験番号は、すべての解答用紙の所定の欄(2 か所)に、必ず記入しなさい。
- 5 配付した解答用紙は、試験終了後に回収します。
- 6 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。

計算に必要な場合は次の値を用いよ。

原子量

H = 1.0 C = 12 N = 14 O = 16 Na = 23 S = 32 I = 127

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

なお、取り扱う気体は全て理想気体とする。

第1問 次の問い(問1~3)に答えよ。(50点)

問1 化学結合に関する次の文を読み、下の問い(a~b.)に答えよ。

身近にある物質は、いくつかの原子やイオンが結びついてできた分子や結晶から成り立っている。^ア()結合は、陽イオンと陰イオンが静電的な引力によって結びついて形成される。^イ()結合は、原子どうしが価電子を出し合って形成される。また^ウ()結合は、非共有電子対が一方の原子だけから提供されてできる。例えば、水分子 H_2O の非共有電子対が水素イオン H^+ に提供され共有されると、安定なオキソニウムイオンができる。
(エ)

a 文中の()に適切な語句を記せ。

b 下線部(エ)のオキソニウムイオンの電子式を、例にならって記せ。



問2 メタンとメタノールに関する次の文を読み、下の問い(a~c)に答えよ。

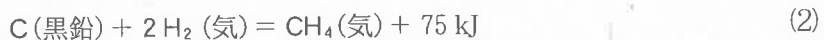
メタンは無色無臭の気体で天然ガスの主成分であり、都市ガスとして利用されている。メタノールは無色透明な液体であり、液体燃料として用いられている。

工業的なメタノールの製造は、合成ガス(一酸化炭素と水素)を原料として、
(オ)触媒を用いて高温・高圧の条件下で行われている。また、以下の反応式で表さ
れるように、メタンと酸素を反応させて直接メタノールを得ることも可能であ
る。



しかし、メタンは強いC-H結合をもつため反応しにくいことと、メタンよ
りも生成したメタノールが酸素と反応しやすいことが問題となっている。この
ため、メタノールを効率良く回収することが難しく、(1)式の反応は工業化には
至っていない。

- a 下線部(オ)について、一酸化炭素と水素からメタノールが生成する。この化学変化を反応式で表せ。
- b 下線部(カ)について、以下の熱化学方程式(2)~(4)を用いて、1 molのメタン分子内のC-H結合をすべて切断して炭素原子と水素原子にする反応の熱化学方程式を表せ。また、C-H結合の平均結合エネルギーを求めよ。答えの数値は整数で記せ。



- c 下線部(キ)について、メタノールが完全燃焼したとき、二酸化炭素が生成する。この化学変化を反応式で表せ。

(第1問は6ページに続く)

(第1問の続き)

問3 0.30 mol/L 硫酸 100 mL に、ある量のアンモニアを吸収させた。残った硫酸を 0.50 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定すると、15.0 mL を要した。下の問い(a ~ c)に答えよ。

- a 中和滴定前の水酸化ナトリウム水溶液の水素イオン濃度 $[H^+]$ を求めよ。答えの数値は有効数字2桁で記せ。また、この水酸化ナトリウム水溶液のpHを求めよ。答えの数値は有効数字3桁で記せ。必要であれば、 $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 5 = 0.70$, $\log_{10} 7 = 0.85$, 水のイオン積 $K_w = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ を用いよ。
- b 硫酸と水酸化ナトリウム水溶液を反応させたときに見られる化学変化を反応式で表せ。
- c 吸収されたアンモニアの質量は何gか。答えの数値は有効数字2桁で記せ。

(計 算 用 紙)

第2問 次の問い(問1～2)に答えよ。(50点)

問1 ハロゲンに関する次の文を読み、下の問い(a～e)に答えよ。

周期表の^ア()族に属する元素をハロゲンという。ハロゲンの単体は有色・有毒である。フッ素は淡黄色の気体で、水と激しく反応して酸素を発生する。塩素は黄緑色の気体で、実験室でつくるには、酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱する。塩素を水酸化カルシウムに吸収させると^エ()が得られ、殺菌剤や漂白剤に使われる。臭素は室温で赤褐色の液体で、臭化カリウムからつくられる。ヨウ素は黒紫色の昇華性の結晶で、ヨウ素と水素は、高温で反応してヨウ化水素の気体を生成する。

- a 文中の()に適切な語句あるいは数字を記せ。
- b 下線部^(イ)で見られる化学変化を反応式で表せ。
- c 下線部^(ウ)で見られる化学変化を反応式で表せ。また、この反応における酸化マンガン(IV)の役割を答えよ。
- d 下線部^(オ)に関連して、臭化カリウム水溶液に塩素を吹き込むと溶液の色が変化する。このことから塩素と臭素の酸化力についてわかることを次の語句①～③をすべて用いて説明せよ。ただし、説明に必要な語句は自由に加えてよい。

① 電子 ② 臭化物イオン ③ 酸化力

e 下線部^(カ)に関連して、反応速度に関する下の問い(i～ii)に答えよ。

- i ある一定温度で、同じ物質量のヨウ素と水素を10 Lの密閉容器に封入して加熱したところ、2分後にヨウ素が61 g減少した。この間のヨウ化水素の生成速度は何 mol/(L・s)か。答えの数値は有効数字2桁で記せ。

ii ある一定温度で、反応物 A と反応物 B から生成物 C が生じる化学反応を考える。この反応における反応速度を v とすると、反応物のモル濃度との関係は、反応速度式 $v = k[A]^X[B]^Y$ で表される。ここで、 k は速度定数 (反応速度定数) である。次の①、②にもとづき、 X 、 Y を求めよ。答えの数値は整数で記せ。

- ① 反応物 A の濃度のみを 2 倍にすると、反応速度 v は 4 倍になった。
- ② 反応物 A の濃度を $1/5$ にして、反応物 B の濃度を 2.5 倍にすると、反応速度 v は $1/10$ になった。

問 2 次の金属 M1 ~ M3 に関する(1)~(3)の文を読み、下の問い(a ~ b)に答えよ。

- (1) 金属 M1 の単体は室温で液体の金属である。天然に産出する赤色鉱物を原料として製造される。多くの金属をよく溶かし、合金をつくる。
- (2) 金属 M2 は酸化力の強い酸には溶け、化合物中では +1 の酸化数をとる。塩化物イオンを含む水溶液に金属 M2 のイオンを含む水溶液を加えると、溶解度積^(*)が小さいため白色の沈殿が生じる。この沈殿はアンモニア水に溶ける。
- (3) 金属 M3 を空气中で加熱すると 1000 °C 以下では黒色の酸化物を生成するが、1000 °C 以上では赤色の酸化物を生成する。金属 M3 を熱濃硫酸に溶かし、結晶を析出させると、青色結晶が得られる。金属 M3 とニッケルとの合金は 50 円硬貨に使われる。

a 金属 M1 ~ M3 の名称を記せ。

b 下線部(*)の溶解度積に関連して、 1.0×10^{-3} mol/L の硝酸鉛(II)水溶液に硫化水素を通じるとき、硫化鉛(II)の沈殿が生成し始めるときの溶液中の硫化物イオンの濃度は何 mol/L か。答えの数値は有効数字 2 桁で記せ。

ただし、硫化鉛(II)の溶解度積は $K_{sp} = 1.0 \times 10^{-28} (\text{mol/L})^2$ とする。

第3問 次の問い(問1～2)に答えよ。(50点)

問1 次の文を読み、下の問い(a～c)に答えよ。

物質には、固体、液体、気体の三つの状態があり、これらを物質の()
 という。分子からなる物質の状態変化は、分子間力と分子の熱運動との大小関係で決まる。

a 文中の()に適切な語句を記せ。

b 下線部(ア)に関連して、理想気体とはどのような気体であるか。次の語句①～④をすべて用いて説明せよ。ただし、説明に必要な語句は自由に加えてよい。

- ① 分子 ② 分子間力 ③ 体積 ④ 気体の状態方程式

c 下線部(イ)に関連して、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ の大気圧のもとで氷45 gを一様に加熱したときの温度変化を図1に示す。下の問い(i～iii)に答えよ。

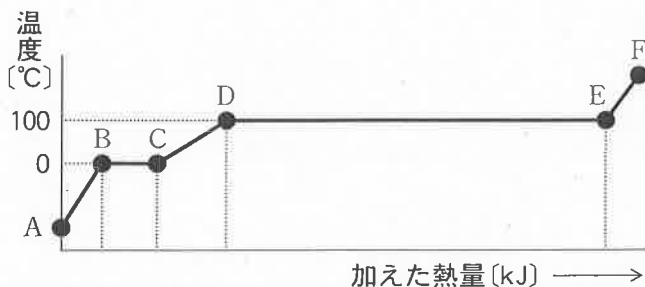


図1

i 図1のAB間、DE間で水分子はどのような状態で存在しているか。次の語句①～③を適切に用いて記せ。

- ① 水 ② 氷 ③ 水蒸気

ii 図1のBC間およびDE間で加えた熱量は、それぞれ15 kJおよび103 kJであった。水の融解熱と蒸発熱を単位も含めて答えよ。答えの数値は有効数字2桁で記せ。

iii 図1のDE間で温度が一定になる理由を、次の語句①～③をすべて用いて説明せよ。ただし、説明に必要な語句は自由に加えてよい。

① 分子間力

② 熱

③ 水分子

問2 次の文を読み、下の問い(a～c)に答えよ。

絶対温度 T 、体積 V の密閉容器に、物質量 n_A の気体 A と物質量 n_B の気体 B を混合したとする。気体 A の分圧を P_A 、気体 B の分圧を P_B とすると、各成分気体について気体定数 R を用いた次式が成り立つ。

$$P_A V = \text{ウ} (\quad), P_B V = \text{エ} (\quad)$$

また、混合気体の全圧 P は、各成分気体の分圧 P_A 、 P_B を用いて

$$P = \text{オ} (\quad)$$

と表される。

気体の捕集法である水上置換は、水に溶けにくい気体の捕集に用いられる。

水上置換で捕集された気体は、水蒸気との混合気体になっている。

(カ)

a 文中の()に適切な式を記せ。

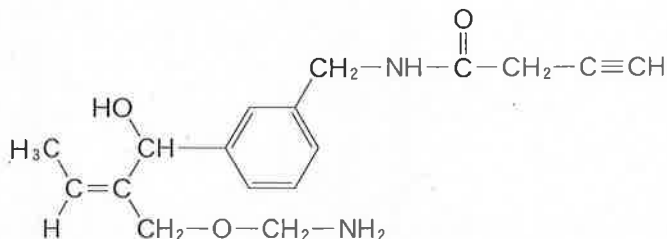
b 下線部(カ)について、大気圧 $P_{\text{大気圧}}$ を、水の飽和蒸気圧 P_w および捕集気体の分圧 P_x を用いた式で表せ。

c 水素を水上置換で捕集したところ、 27°C 、 $9.96 \times 10^4 \text{ Pa}$ の大気圧のもとで、500 mL の気体を得られた。得られた水素の物質量は何 mol か。答えの数値は有効数字2桁で記せ。ただし、 27°C の水の飽和蒸気圧は $3.6 \times 10^3 \text{ Pa}$ とする。

第4問 次の問い(問1～2)に答えよ。(50点)

構造式は例にならって記せ。

(例)



問1 次の文を読み、下の問い(a～b)に答えよ。

化合物A～Eと書かれた五つの容器がある。それぞれの容器には、セルロース、グルコース、グリシン、デンプン、スクロースのいずれかが入っている。それぞれの化合物を色、におい、形状から識別することは困難であった。そこで、化学的な性質を利用して化合物A～Eを識別するために、以下の【実験1～4】を行った。

【実験1】 化合物A～Eをそれぞれ別々の試験管に少量取り、室温で純水を加えてよく振り混ぜたところ、化合物A～Cは水に溶けたが、化合物Dと化合物Eは水に溶けなかった。

【実験2】 化合物A～Cの水溶液のそれぞれに^ア()溶液を加えて穏やかに加熱したところ、化合物Aの水溶液は紫色になった。これより、化合物Aはアミノ酸であるグリシンであることがわかった。

【実験3】 化合物Bおよび化合物Cの水溶液のそれぞれにフェーリング液を加えて穏やかに加熱したところ、化合物Bの水溶液に赤色の沈殿が生じた。これより、化合物Bは還元性を示す官能基である^イ()基をもつことがわかった。

【実験4】 化合物Dおよび化合物Eをそれぞれ別々の試験管に少量取り、純水を加えてよく振り混ぜ、ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えたところ、化合物Dの試験管は青紫色になった。

a 文中の()に適切な語句を記せ。

b 化合物B~Eの名称を記せ。

問2 次の文を読み、下の問い(a~d)に答えよ。

3Dプリンタの開発によって、これまで作製することが困難であった複雑な立体造形物を容易に作製することができるようになり、外科手術を検討するための臓器模型、補聴器や義肢など、医療分野への応用が期待されている。

3Dプリンタの中には、アクリロニトリル、ブタジエン、スチレンからつくられるABS樹脂などの熱可塑性樹脂を用いるものがある。

a 下線部(ウ)のアクリロニトリルは、以前はアセチレンにシアン化水素を付加させて工業的に得ていた。アセチレンとシアン化水素からアクリロニトリルが生じる化学変化を、構造式を用いた反応式で表せ。

b 下線部(エ)のブタジエンは、ナフサの熱分解によって得られるほか、分解ガスに含まれる1-ブテン(分子式 C_4H_8)を、触媒を用いてさらに分解(脱水素)してつくられる。分子式 C_4H_8 で表されるアルケンには、1-ブテンを含めて4種類の異性体が存在する。これらの異性体の構造式を記せ。なお、シス・トランス異性体も区別し、その違いがわかるように示すこと。

c 下線部(オ)のスチレンは、エチルベンゼンを原料として得られる。エチルベンゼンの構造異性体である芳香族化合物Fを酸化すると、化合物Gが得られる。化合物Gを加熱すると、酸無水物を生じる。化合物Fおよび化合物Gの構造式とその名称を記せ。

(第4問は14ページに続く)

(第4問の続き)

- d 下線部(カ)の熱可塑性樹脂は熱を加えると軟化するのに対して、フェノール樹脂などの熱硬化性樹脂は熱を加えることで硬化し、一度硬化した後は、再び熱しても軟らかくはならない。熱硬化性樹脂の構造の特徴を簡潔に記せ。