東海大学

2020 年度　一般選抜　化学

1 分子間で働く力および分子の極性に関する以下の各問いに答えなさい。

問 1　分子間で働く力に関する (ア)〜(オ) の記述の中で正しいものはいくつあるか。A〜E の中から最も適切なものを一つ選んで，記号を記しなさい。

(ア) 貴ガス (希ガス) を低温にすると液化するのは，分子間でファンデルワールス力が働くためである。

(イ) ファンデルワールス力は，無極性の分子間だけで働く。

(ウ) 液体状態の水分子は，分子間でファンデルワールス力は働いていない。

(エ) アセトンは 2 分子が水素結合し，一つの分子として振る舞うことがある。

(オ) 一般にハロゲン化水素は強い極性があるので，液体の状態で分子は互いに水素結合している。

A．1　　B．2　　C．3　　D．4　　E．5

問 2　純物質の沸点は，分子の分子量や極性，あるいは分子間に働く水素結合などに影響される。右の表は純物質の沸点の相違と，それに強く影響する因子を表している。因子の正しい組合せはどれか。右の中から最も適切なものを一つ選んで，記号を記しなさい。

	沸点の高低の比較			
	$HCl > F_2$	$NH_3 > PH_3$	$Br_2 > Cl_2$	$Ar > Ne$
A	極性	極性	水素結合	極性
B	水素結合	水素結合	極性	分子量
C	水素結合	極性	分子量	極性
D	極性	水素結合	分子量	分子量
E	水素結合	極性	分子量	分子量

問 3　共有結合で結ばれた二つの原子の間に電気陰性度の差があると，共有電子対が電気陰性度の大きな原子に引かれ，陰性の原子は負の電荷 $-q$〔C〕を，陽性の原子は正の電荷 $+q$〔C〕を帯び，結

合に極性が生じる。結合距離を r〔m〕として，結合の極性 μ〔C·m〕の大きさを $\mu = qr$ で表し，その向きを負電荷から正電荷へ引いた矢印で表すこととする。

この結合が，もし一価の陽イオンと陰イオンにまで分極すると，その極性の大きさは，電気素量 e を用いて $\mu_{イオン} = er$ となる。そこで共有結合に含まれるイオン結合の割合 (イオン性) を，$\mu_{イオン}$ に対する μ の百分率で表わすことにする。

$$\text{イオン性〔\%〕} = \frac{\mu}{\mu_{イオン}} \times 100$$

次の (1)〜(3) に答えなさい。ただし，$e = 1.6 \times 10^{-19}\,\mathrm{C}$ とする。

(1) 塩化水素分子の r は $1.3 \times 10^{-10}\,\mathrm{m}$，$\mu$ は $3.7 \times 10^{-30}\,\mathrm{C{\cdot}m}$ である。塩化水素分子の共有結合のイオン性は何 % か。次の中から最も近いものを一つ選んで，記号を記しなさい。

A. 10%　　B. 12%　　C. 14%　　D. 16%　　E. 18%

(2) 二酸化炭素分子の極性に関する次の記述の中で正しいものはどれか。最も適切なものを一つ選んで，記号を記しなさい。

A. 酸素原子の電気陰性度は炭素原子のそれより大きく，二つの C=O 結合は極性をもつので，二酸化炭素分子は極性分子である。

B. 酸素原子の電気陰性度は炭素原子のそれより小さく，二つの C=O 結合は極性をもつので，二酸化炭素分子は極性分子である。

C. 酸素原子の電気陰性度は炭素原子のそれより大きく，二つの C=O 結合は極性をもつが，それらの向きは互いに逆なので，二酸化炭素分子は無極性分子である。

D. 酸素原子の電気陰性度は炭素原子のそれより小さく，二つの C=O 結合は極性をもつが，それらの向きは互いに逆なので，二酸化炭素分子は無極性分子である。

E. 酸素原子の電気陰性度は炭素原子のそれと等しく，二つの C=O 結合は極性をもたないので，二酸化炭素分子は無極性分子である。

(3) 図 1 に硫化水素分子の分子構造と結合の極性を示す。各 H–S 結合の r は $1.3 \times 10^{-10}\,\mathrm{m}$, H–S–H の結合角は 90° である。H–S 結合のイオン性は 10% である。分子全体の極性は図 1 に示した作図から求められる。分子全体の極性の大きさは何 C·m か。次の中から最も近いものを一つ選んで，記号を記しなさい。

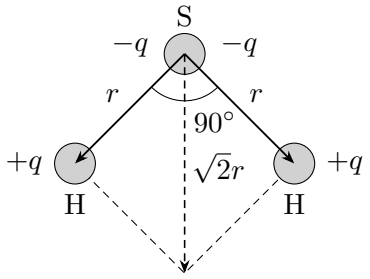


図 1　硫化水素分子内の極性。実線の矢印は結合の極性を，点線の矢印は分子全体の極性を表す。

A. $1 \times 10^{-30}\,\mathrm{C{\cdot}m}$　　B. $3 \times 10^{-30}\,\mathrm{C{\cdot}m}$　　C. $5 \times 10^{-30}\,\mathrm{C{\cdot}m}$

D. $7 \times 10^{-30}\,\mathrm{C{\cdot}m}$　　E. $9 \times 10^{-30}\,\mathrm{C{\cdot}m}$

2 マグネシウムの結晶は，室温で図 2 に示すような六方最密充填の構造をとる。図中の太線で囲まれた部分が単位格子であり，単位格子の長辺と短辺の長さは図 2 に示すとおりである。以下の各問いに答えなさい。

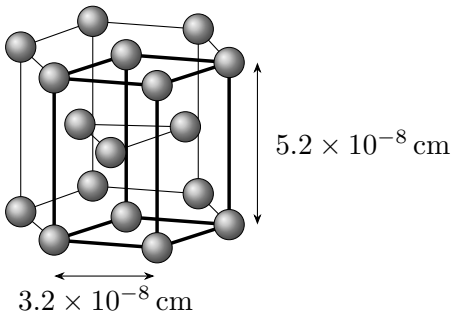


図 2　マグネシウムの結晶の単位格子

問 1　マグネシウムの結晶の密度は何 $\mathrm{g/cm^3}$ か。次の中から最も近いものを一つ選んで，記号を記しなさい。

A. $1.1\,\mathrm{g/cm^3}$　　B. $1.4\,\mathrm{g/cm^3}$　　C. $1.8\,\mathrm{g/cm^3}$

D. $2.2\,\mathrm{g/cm^3}$　　E. $2.5\,\mathrm{g/cm^3}$

問 2　マグネシウムの単体および化合物に関する次の記述の中で正しいものはどれか。最も適切なものを一つ選んで，記号を記しなさい。

A. マグネシウムの単体は，室温で水と激しく反応する。

B. マグネシウムの化合物は，赤色の炎色反応を示す。

C. マグネシウムの酸化物は，酸性酸化物である。

D. マグネシウムの塩化物は，水に溶けにくい。

E. マグネシウムの硫酸塩は，水に溶けやすい。

問 3　マグネシウムを主成分とする合金 (ア) が 20.0 g ある。この合金 (ア) を強酸にすべて溶かしたのち，アンモニア水と塩化アンモニウムを用いて塩基性にしたところ，元素 (イ) の化合物が白色沈殿として生成した。この白色沈殿は，過剰のアンモニア水を加えても溶けなかった。この白色沈殿を乾燥させたところ，質量は 5.8 g であった。次の (1) と (2) に答えなさい。

(1) 元素 (イ) は何か。次の中から最も適切なものを一つ選んで，記号を記しなさい。

A. アルミニウム　　B. 鉄　　C. 銅　　D. 亜鉛　　E. 銀

(2) 合金 (ア) はマグネシウムと元素 (イ) のみを含む。合金 (ア) に含まれる元素 (イ) の質量パーセント濃度は何 % か。次の中から最も近いものを一つ選んで，記号を記しなさい。

A. 7%　　B. 10%　　C. 13%　　D. 15%　　E. 19%

3 酸化還元反応を利用する試料水中の溶存酸素濃度の測定は，以下のように行われる。

操作 [1]　溶存酸素測定用の試料瓶に試料水をとり，そこに $\mathrm{MnSO_4}$ 水溶液 1.0 mL と，KI と NaOH の混合溶液 1.0 mL を加えてから空気が入らないように栓をし，よく混合する。このとき白色の沈殿 $\mathrm{Mn(OH)_2}$ が生成する。

$$\mathrm{Mn^{2+} + 2\,OH^- \longrightarrow Mn(OH)_2}$$

これがさらに試料水中の酸素と反応して褐色の沈殿 $\mathrm{MnO(OH)_2}$ が生じ，試料水中の酸素が固定化される。

$$\mathrm{Mn(OH)_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow MnO(OH)_2}$$

操作 [2]　硫酸を加えて沈殿を溶かす。このとき $MnO(OH)_2$ は溶液中の I^- を酸化して I_2 が生じる。

$$MnO(OH)_2 + 2\,I^- + 4\,H^+ \longrightarrow Mn^{2+} + I_2 + 3\,H_2O$$

操作 [3]　生じた I_2 を $Na_2S_2O_3$ 標準溶液で滴定する。

以下の各問いに答えなさい。

問 1　操作 [3] での溶液の色の変化と終点の判定について正しく記述したものはどれか。次の中から最も適切なものを一つ選んで，記号を記しなさい。

A. 操作 [2] の後の溶液は無色で，これにでんぷん溶液を加えてから $Na_2S_2O_3$ 標準溶液を滴下し，褐色となったところを終点とする。

B. 操作 [2] の後の溶液は無色で，これにでんぷん溶液を加えてから $Na_2S_2O_3$ 標準溶液を滴下し，青色となったところを終点とする。

C. 操作 [2] の後の溶液は無色で，でんぷん溶液を加えると青色になる。ここに $Na_2S_2O_3$ 標準溶液を加えて褐色となったところを終点とする。

D. 操作 [2] の後の溶液は褐色で，$Na_2S_2O_3$ 標準溶液を滴下していくと色が薄くなる。ここでででんぷん溶液を加えると青くなるが，さらに $Na_2S_2O_3$ 標準溶液を滴下して無色になったところを終点とする。

E. 操作 [2] の後の溶液は褐色で，$Na_2S_2O_3$ 標準溶液を滴下していくと色が薄くなる。ここでででんぷん溶液を加え，さらに $Na_2S_2O_3$ 標準溶液を滴下して青色になったところを終点とする。

問 2　操作 [3] で起こる I_2 と $Na_2S_2O_3$ の反応の化学反応式を書きなさい。

問 3　試料中の溶存酸素の物質量は，操作 [3] で終点までに要する $Na_2S_2O_3$ の物質量の何倍か。次の中から最も適切なものを一つ選んで，記号を記しなさい。

A. 0.25 倍　　B. 0.50 倍　　C. 0.75 倍　　D. 1.0 倍　　E. 2.0 倍　　F. 4.0 倍

問 4　この方法で，ある試料 (ア) の溶存酸素濃度を測定した。操作 [1] で栓をしたときに試料瓶内に含まれる試料 (ア) の体積が 100 mL，操作 [3] での 0.050 mol/L $Na_2S_2O_3$ 標準溶液の終点までの滴下量が 1.6 mL であったとき，次の (1) と (2) に答えなさい。

(1) 試料 (ア) 中の溶存酸素濃度は何 mg/L か。次の中から最も適切なものを一つ選んで，記号を記しなさい。

A. 1.6 mg/L　　B. 2.8 mg/L　　C. 4.0 mg/L　　D. 5.2 mg/L　　E. 6.4 mg/L

(2) ある酸素分圧の気体が 20 °C の水に接して平衡状態になっているときの溶存酸素濃度が，試料 (ア) と同じであったとき，接している気体の酸素分圧は何 Pa か。次の中から最も近いものを一つ選んで，記号を記しなさい。ただし，20 °C，1.0×10^5 Pa のときの酸素の溶解度 (水 1.0 L に溶ける体積を 0 °C，1.0×10^5 Pa のときの体積に換算した値) は 0.031 L である。

A．7.0×10^3 Pa　B．1.4×10^4 Pa　C．2.1×10^4 Pa　D．2.8×10^4 Pa　E．3.5×10^4 Pa

4 ピストンがついた体積可変の容器に黒鉛と二酸化炭素を入れ，温度と圧力を一定に保ったところ，これらの一部が反応して一酸化炭素が生成し，次式で表される平衡状態に達した。

$$\mathrm{C(黒鉛)} + \mathrm{CO_2(気)} \rightleftharpoons 2\mathrm{CO(気)} \quad \cdots\cdots \text{(i)}$$

この平衡状態における混合気体の平均分子量は 32.0 であった。以下の各問いに答えなさい。

問 1　この混合気体中の一酸化炭素のモル分率はいくらか。次の中から最も適切なものを一つ選んで，記号を記しなさい。

A．0.25　B．0.35　C．0.45　D．0.55　E．0.65　F．0.75

問 2　はじめに入れた二酸化炭素に対して，分解した二酸化炭素の割合は物質量の比でいくらか。次の中から最も適切なものを一つ選んで，記号を記しなさい。

A．0.20　B．0.30　C．0.40　D．0.50　E．0.60　F．0.70

問 3　温度を保ったまま圧力を変えたところ平衡が移動し，混合気体の平均分子量は 36.0 となった。このときの圧力は，もとの圧力の何倍か。次の中から最も適切なものを一つ選んで，記号を記しなさい。

A．0.25 倍　B．0.50 倍　C．0.75 倍　D．1.5 倍　E．3.0 倍　F．4.5 倍

問 4　C(黒鉛) と CO(気) の燃焼熱はそれぞれ 394 kJ/mol と 283 kJ/mol である。式 (i) の正反応で，黒鉛 1 mol が反応するときに発生あるいは吸収される熱量は何 kJ か。次の中から最も適切なものを一つ選んで，記号を記しなさい。

A．86 kJ の発熱　B．172 kJ の発熱　C．344 kJ の発熱

D．86 kJ の吸熱　E．172 kJ の吸熱　F．344 kJ の吸熱

問 5　次の (ア)〜(ウ) の操作のうち，式 (i) の平衡を右向きに移動させる操作はどれか。A〜H の中から最も適切なものを一つ選んで，記号を記しなさい。

(ア) 圧力を一定に保ちながら，温度を下げる。

(イ) 温度と圧力を一定に保ちながら，アルゴンを加える。

(ウ) 温度と圧力を一定に保ちながら，黒鉛を加える。

A.（ア) のみ。　B.（イ) のみ。　C.（ウ) のみ。　D.（ア) と (イ) のみ。

E.（ア) と (ウ) のみ。F.（イ) と (ウ) のみ。G.（ア)，(イ)，(ウ) すべて。

H. 右向きに移動させる操作はない。

5 原油を分留して得られるナフサはガソリンとして用いられる他に，熱分解 (クラッキング) することで，化学工業における様々な合成原料へと変換される。ナフサの熱分解で得られる化合物に関する以下の各問いに答えなさい。

問 1　エテンはナフサの熱分解生成物の主成分である。次の (1) と (2) に答えなさい。

(1) 標準状態で 100 L のエテンにヨウ化水素を付加させたところ，化合物 (ア) が 380 g 得られた。反応したエテンは何 % か。次の中から最も近いものを一つ選んで，記号を記しなさい。

A. 55%　B. 65%　C. 75%　D. 85%　E. 95%

(2) エテンに水を付加して得られる化合物は，ナトリウムと反応して化合物 (イ) と水素を生じる。化合物 (イ) と化合物 (ア) を反応させて得られる有機化合物に関する記述の中で正しいものはどれか。次の中から最も適切なものを一つ選んで，記号を記しなさい。

A. 臭素水を脱色する。

B. 無色の液体で，揮発性があり，引火しやすい。

C. ナトリウムと反応して水素を発生する。

D. ヨードホルム反応を示す。

E. 銀鏡反応を示す。

問 2　化合物 (ウ) と (エ) はナフサの熱分解で得られるエテン以外の炭化水素である。次の (1) と (2) に答えなさい。

(1) 化合物 (ウ) を元素分析したところ，炭素 91.3%，水素 8.7% であった。また，鉄を触媒として化合物 (ウ) に塩素を反応させたところ，置換生成物が得られた。化合物 (ウ) の分子量は 92.0 である。化合物 (ウ) の化合物名を書きなさい。

(2) 化合物 (エ) は分子量 56 の無色の気体であり，臭素水を脱色する。いま，化合物 (エ) に塩化水素を付加したところ，2 種類の化合物 (オ) と (カ) が得られた。化合物 (オ) には不斉炭素原子が含まれていたが，化合物 (カ) には不斉炭素原子は含まれていなかった。化合物 (カ) の構造式を価標を省略せずに書きなさい。

6 以下の各問いに答えなさい。

問 1　水 100.0 g に塩化アルミニウム六水和物を 0.61 g 溶かした水溶液の凝固点は何℃か。次の中から最も近いものを一つ選んで，記号を記しなさい。ただし，水のモル凝固点降下を 1.85 K·kg/mol，大気圧を 1.013×10^5 Pa とし，塩化アルミニウムは水溶液中で完全に電離しているとする。

A. −0.45 ℃　　B. −0.37 ℃　　C. −0.28 ℃　　D. −0.19 ℃　　E. −0.10 ℃

問 2　合成高分子化合物はプラスチックや繊維，ゴム以外にも，機能性材料としてもわれわれの身近で用いられている。機能性高分子材料に関する次の記述の中で誤っているものはどれか。最も適切なものを一つ選んで，記号を記しなさい。

A. 粉末状の樹脂の表面に $-N^+R_3$(R はアルキル基) を導入したものは，陰イオン交換樹脂として用いられている。

B. 酢酸セルロースから得られる高分子膜は，特定のイオンや小さな分子を透過させることができ，透析膜として用いられている。

C. ポリアクリル酸ナトリウムは，水を吸収すると加水分解が起こるためにさらに水を吸収しやすくなり，吸水性高分子として用いられている。

D. エチンを付加重合して得られるポリマーは，ヨウ素などを添加 (ドープ) することで電気をよく通す導電性樹脂となる。

E. 乳酸の重合体のポリエステルは，自然界で微生物によって分解され，生分解性樹脂として用いられている。