

[1] 以下の文章を読み設問に答えなさい。必要であれば気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / \text{K} \cdot \text{mol}$ を用いなさい。

- ・気体の「(あ)」は液体や固体と異なり、「(い)」や「(う)」を変えると大きく変化する。しかし、理想気体の変化の様子は気体の種類に関係なくほとんど同じであり、その特徴は以下のようなグラフで表される。

[グラフ 1]: 「(あ)」一定の条件で、横軸に「(う)」, 縦軸に「(い)」をとったグラフ

[グラフ 2]: 「(う)」一定の条件で、横軸に「(い)」, 縦軸に「(あ)」をとったグラフ

[グラフ 3]: 横軸に「(い)」, 縦軸に「(あ)」と「(い)」の積を「(う)」で割った値^①をとったグラフ

ただし、実際に実在する気体では分子や原子はそれぞれ固有の「(あ)」を持っており、また「(え)」が存在するため、これらの関係は厳密には成立しない。

- ・真空の密閉容器の中に液体を入れて、一定の「(う)」に保つと、やがて単位時間に「(お)」する分子の数と「(か)」する分子の数が釣り合う様になる。このとき「(お)」した気体が空間内で示す「(い)」を「(き)」と呼ぶ。水について横軸に「(う)」, 縦軸に「(き)」をとったグラフは [グラフ 4] のようになる。一方で水蒸気を「(あ)」一定の容器に閉じ込めて「(う)」を下げていくと、ある「(う)」^②で「(か)」し始める。

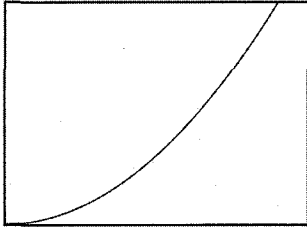
設問 1 空欄 (あ) ~ (き) に当てはまる語句を以下の選択肢から選んで対応する記号で答えなさい。ただし、同じ選択肢を 2 回使用しないこと。

a : 密度	b : モル数	c : 凝縮	d : 昇華
e : アボガドロ数	f : 原子番号	g : 平衡	h : 拡散
i : モル濃度	j : 質量	k : 体積	l : ブラウン運動
m : 浸透圧	n : 分子量	o : 溶解度	p : 圧力
q : 蒸気圧	r : 蒸発	s : 温度	t : 分子間力

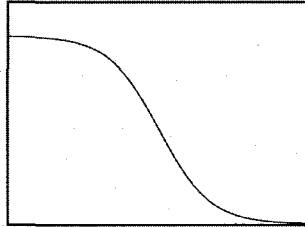
設問 2 【グラフ 1】～【グラフ 4】に対応するグラフの概形を下の【グラフの選択肢】から選び記号で答えなさい。

【グラフの選択肢】

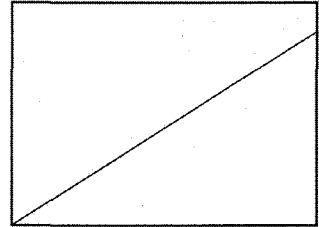
F1



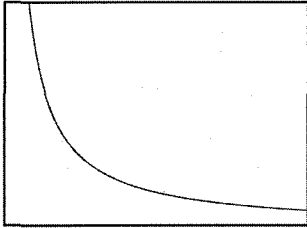
F2



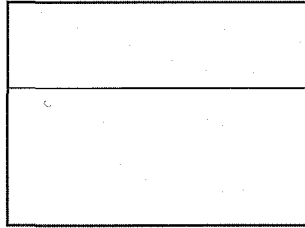
F3



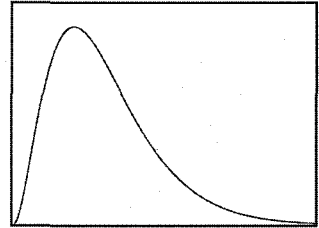
F4



F5



F6



注) 上記のグラフは「概形」を表しており、グラフの左下隅が原点（縦軸，横軸の値が 0）に対応しているとは限らない。

設問 3 下線部②の『ある「(う)」』の値に対応する値を以下の選択肢から選び答えなさい。
ただし、選択肢中の【グラフ 1】～【グラフ 4】は水または水蒸気についてのものとする。

- (ア) 【グラフ 1】と【グラフ 2】の交点の縦軸座標の値
- (イ) 【グラフ 1】と【グラフ 2】の交点の横軸座標の値
- (ウ) 【グラフ 1】と【グラフ 3】の交点の横軸座標の値
- (エ) 【グラフ 1】と【グラフ 4】の交点の縦軸座標の値
- (オ) 【グラフ 1】と【グラフ 4】の交点の横軸座標の値

設問 4 3 種類の単体からなる実在気体 X, Y, Z について 以下の文章を読み設問に答えなさい。

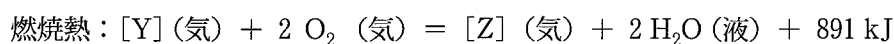
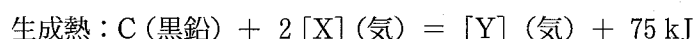
- ・ 1 モルの気体 X, Y, Z について, 「(う)」一定の条件の下で横軸に「(い)」, 縦軸に下線部 ① の値をとりグラフにしたところ, 以下のような性質を示した。

性質 1) X, Y, Z のグラフはいずれも「(い)」が 0 に近いところで, 気体定数 R をとる。

性質 2) Y は横軸の値が x_1 より小さい領域で R より小さい値をとり, その領域内で最小値 $0.8 R$ をとる。Z は横軸の値が x_2 より小さい領域で R より小さい値をとり, その領域内で常に Y の値より小さく最小値 $0.15 R$ をとる。(ただし, $x_1 < x_2$)

性質 3) X はほぼ全領域で直線, Y, Z は横軸の値が x_2 より大きい領域でほぼ直線である。 x_2 より大きい領域での直線の傾きを比較すると, $0 < X < Y = Z$ である。

- ・ 300 K で気体 X を水上置換で 831 mL 採集したところ, 0.0667 g の気体を得られた。このときの大気圧は 1.036×10^5 Pa, 水の「(き)」は 3.6×10^3 Pa であった。
- ・ 気体 Y の生成熱, 燃焼熱を表す熱化学方程式は, それぞれ以下のようにかける。ただし, 気体 X, Y, Z を構成する単体の分子式を $[X]$, $[Y]$, $[Z]$ で表すとする。



- (1) 気体 X, Y, Z の単体分子固有の「(あ)」の大小関係を答えなさい。

[解答例] $X = Y < Z$ (Z の値が X, Y より大きく, X と Y の値が等しい場合)

- (2) 気体 X, Y, Z について「(え)」の大小関係を答えなさい。

- (3) 気体 X, Y, Z の分子式を答えなさい。

- (4) 気体 X の燃焼熱は 286 kJ/mol である。気体 Z の生成熱を求めなさい。

[2] 次の文章を読み設問に答えなさい。 $\text{Ag} = 107.9$, $\text{Cl} = 35.5$, ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

ハロゲン原子は、[(a)] 個の価電子をもち、[(b)] 価の陰イオンになりやすい。単体のハロゲンは、いずれも二原子分子からなり、有色、有毒である。フッ素は、水と激しく反応して気体 [A] を発生する。塩素は、水にわずかに溶け、その水溶液は塩素水と呼ばれている。塩素水は殺菌剤や漂白剤として使われている。これは、塩素水中に酸化作用のある化合物 [B] が含まれるためである。実験室で塩素は、濃塩酸と酸化マンガン (IV) を加熱して発生させることができる。この方法では、発生する気体を最初に [x] を入れた洗気びんに通し、次いで [y] を入れた洗気びんを順に通過させ、[(ア)] 置換で集気びんに集める。この反応における酸化マンガン (IV) のような役割をする物質は、一般的に [(イ)] と呼ばれている。12.0 mol/L の濃塩酸を 50.0 mL 用いて実験すると、[(c)] mol の塩素を生成する。ただし、反応が完全に進行し生成する塩素を完全に捕集できたものとする。塩素は、工業的には塩化ナトリウム水溶液の電気分解で製造している。炭素電極を用いて、塩化ナトリウム水溶液を 5.00 A の電流で 16 分 5 秒間電気分解した。このとき、塩素は [(ウ)] 極より発生し、その体積は、標準状態で [(d)] L である。

ハロゲン分子は水素とも反応し、ハロゲン化水素を生成する。ハロゲン化水素は、水によく溶け酸性を示す。ハロゲン化水素の中で最も弱い酸性を示すのは [C] である。フッ化水素の水溶液は、^① 石英を溶かす など激しい性質を示すので、ガラスの表面加工などに用いられる。また、塩素、臭素、ヨウ素のハロゲン化物イオンを含む水溶液に硝酸銀水溶液を加えると、難溶性の沈殿を生じる。2.00 $\times 10^{-2}$ mol/L 中の塩酸 100 mL 中に塩化銀は [(e)] g 溶解する。ただし、塩化銀の溶解度積 K_{sp} を $1.8 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ とする。また、塩化銀の溶解による体積変化は無視できるものとし、溶解度の大きさは、塩酸の濃度に比べ十分小さいものとする。この沈殿物は感光性を示し、光があたると黒くなる。この変化は [D] が析出するためである。

設問 1 (a), (b) にはあてはまる数字を、(c) ~ (e) には数値 (有効数字 2 けた) を答えなさい。

設問 2 (ア) ~ (ウ) に適切な語句を答えなさい。

設問 3 A ~ D に対応する物質を化学式で答えなさい。

設問 4 x, y には物質名を以下の選択肢の中から 1 つ選び、それぞれの役割を答えなさい。

[選択肢] 希塩酸 ・ 希硫酸 ・ 酢酸 ・ 濃塩酸
濃硫酸 ・ 飽和食塩水 ・ 水

設問 5 下線部 ① の化学反応式を書きなさい。

[3] 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

タンパク質は、アミノ酸が (ア) 重合した構造を持ち、生命活動に欠かせない物質である。その構成成分であるアミノ酸は、(イ) 結合により結合していることになる。タンパク質には、(ウ) のように、体のすみずみまで酸素を運び、逆に不要な (エ) を運び出す働きをするものや、眼の網膜で光を感じる (オ) などがある。また、アルブミンやコラーゲンのような α -アミノ酸だけからなる単純タンパク質とともに、(ウ) やカゼインのような他の成分が含まれる (カ) がある。毛髪は (キ) と呼ばれるシステインを含むタンパク質を多く含有している。このアミノ酸は (ク) 基を持ち、近傍のシステインとの間で (ケ) 結合を形成し、立体構造の (コ) 化に寄与している。

いま、アミノ酸に関連する化合物 A について調べたところ、その分子式は $C_{15}H_{17}N_3O_7$ であり、光学活性を示した。さらに、ニンヒドリンと塩化鉄 (III) に対してそれぞれ陽性の反応を示した。

この化合物の光学活性を失わないように加水分解すると、化合物 B (分子式: $C_8H_9NO_3$)、化合物 C (分子式: $C_2H_4O_3$)、化合物 D (分子式: $C_3H_7NO_3$)、化合物 E (分子式: $C_2H_5NO_2$) が得られ、化合物 B、D、E はそれぞれ α -アミノ酸であった。これらの中で、化合物 B、D が光学活性を示した (ただし、これらは 2 種類の光学異性体の可能性があるものとする)。化合物 D のカルボキシル基のみを反応させて一級水酸基まで還元すると、生成物は光学不活性であった。

化合物 A を選択的に加水分解すると化合物 C と分子式 $C_{13}H_{17}N_3O_6$ を示す化合物 F が得られた。化合物 F は、分子内に一級水酸基とカルボキシル基を持っており、これらの間でエステル結合を作ると炭素 5 個、窒素 1 個、酸素 1 個からなる 7 員環構造を作ることができた。また、化合物 F のカルボキシル基だけを選択的に還元してアルコールとした後、さらに加水分解すると新しい化合物 G とともに化合物 B と D が得られた。

設問 1 文章中の (ア) から (コ) に適切な語句をあてはめなさい。

設問 2 化合物 B の異性体は、光学異性体も含めて何種類の可能性があるか答えなさい。

設問 3 化合物 C の構造を答えなさい。

設問 4 化合物 D の構造を答えなさい。

設問 5 化合物 F の構造を答えなさい。

設問 6 化合物 G の構造を答えなさい。

答える構造式の中に、不斉炭素があれば*で示しなさい。

答える構造式の中に、化合物 B をその一部として持つ場合は、B の可能な異性体のうち一つを書きなさい。