

令和 5 年度入学試験問題

理 科

(注 意 事 項)

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 届け出た選択科目以外は解答してはならない。
3. 問題冊子のページ及び解答紙は次のとおりである。「始め」の合図があったら届け出た選択科目についてそれぞれを確認すること。また、各科目の表紙に留意事項の記載がある場合は、その内容を参考に解答すること。

科 目	問 題 冊 子	解 答 紙	
	ペ ー ジ	解答紙番号	枚 数
物理基礎・物理	1 ～ 14	32 ～ 34	3
化学基礎・化学	15 ～ 30	35 ～ 39	5
生物基礎・生物	31 ～ 52	40 ～ 44	5
地学基礎・地学	53 ～ 63	45 ～ 48	4

4. 各解答紙の 2 箇所に受験番号を記入すること。
5. 受験番号は、裏面の記入例にならって、マス目の中に丁寧に記入すること。
6. 解答はすべて解答紙の所定の欄に記入すること。
7. 計算その他を試みる場合は、解答紙の裏又は問題冊子の余白を利用すること。
8. この教科は、2 科目 250 点満点(1 科目 125 点満点)です。なお、医学部保健学科(看護学専攻)については、2 科目 100 点満点に換算します。

受験番号の記入例

A	B	D	E	G	H	I	K	L	M	P	S	T	W	Z

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

化学基礎・化学

必要な場合は、次の値を用いよ。

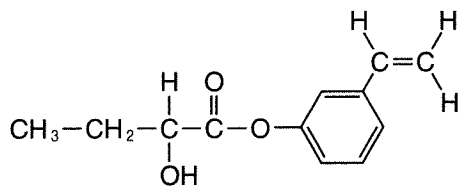
原子量：H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0

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 : $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

構造式を記入するときは、記入例にならって答えよ。

構造式の記入例



〔 1 〕 次の文章を読み、問 1 ～ 問 6 に答えよ。(25 点)

理想気体では、一定温度 T [K] における、物質質量 n [mol] の気体が占める体積 V [L] と圧力 p [Pa] の間には、次に示す気体の状態方程式が成り立つ。

$$pV = nRT$$

ここで、 R は気体定数である。

一方、 1.013×10^5 Pa、273 K で 1.00 mol の気体の体積を実際に測定すると、理想気体の体積である 22.4 L と比べて NH_3 では〔 ア 〕なり、 H_2 では〔 イ 〕なる。これは、分子自身に体積(排除体積)があるためと、分子間力がはたらくためである。このように、理想気体の状態方程式に従わない気体を実在気体という。実在気体においても、〔 ウ 〕では、分子自身の体積や分子間力の影響を無視できるようになり、理想気体としてふるまう。

実在気体を取り扱う状態方程式として、次に示すファンデルワールスの状態方程式がある。1.00 mol の実在気体の場合、

$$\left(p + \frac{a}{V^2} \right) (V - b) = RT$$

で表される。ここで、 a 、 b はそれぞれファンデルワールス定数とよばれ、下に示す表のような値となる。

表. 各種気体のファンデルワールス定数

気体	a [Pa·L ² /mol ²]	b [L/mol]
H_2	24700	0.0266
CH_4	228000	0.0428
CO_2	364000	0.0427

問 1. 文中の〔ア〕～〔ウ〕に入る最も適切な語句を、次の(A)～(G)の中から1つずつ選び記号で答えよ。

- (A) 大きく (B) 小さく (C) 等しく (D) 高温・高圧
 (E) 高温・低圧 (F) 低温・高圧 (G) 低温・低圧

問 2. 実在気体では、〔ウ〕で選んだ圧力条件で分子間力の影響が無視できる理由を20字程度で説明せよ。

問 3. 下図は、表に示した気体のある温度における pV/nRT の圧力依存性を示している。図中のA～Cの曲線は、それぞれ表中のどの気体に対応するか分子式で答えよ。

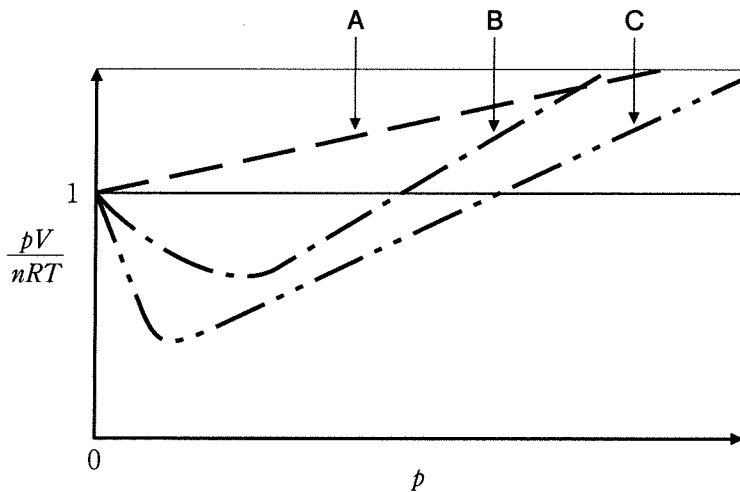


図. 各種気体の pV/nRT の圧力依存性

問 4. CH_4 , H_2O , NH_3 の3つの気体を、ファンデルワールス定数 a が大きい順に並べよ。ただし、分子式で記入すること。なお、ここでは分子自身の体積の影響は無視できるものとする。

問 5. 実在気体では、分子自身の体積の効果で、理想気体に比べて分子が自由に動ける体積が減少する。この体積の減少分は、 CH_4 分子 1 個あたり何 L か、有効数字 3 桁で答えよ。

問 6. 8.31 L の密閉容器に、 H_2 を 0.100 mol、 O_2 を x [mol] 入れ、着火装置を用いて H_2 を完全燃焼させた。300 K において反応後の容器の圧力は 3.84×10^4 Pa であった。完全燃焼前の O_2 の物質質量 x を有効数字 3 桁で答えよ。ただし、気体は理想気体として扱えるものとし、300 K における水の飽和蒸気圧は、 3.60×10^3 Pa とする。また、生成した水(液体)の体積および気体の水への溶解は無視できるものとする。

〔2〕 次の文章を読み、問1～問3に答えよ。(25点)

1 molの気体分子内のすべての共有結合を切断するのに必要なエネルギーを解離エネルギーといい、そこから燃焼熱や生成熱を求めることができる。必要に応じて、表に示された各種気体分子の解離エネルギーを用いよ。なお、状態は化学式に続けて(固)、(液)、(気)のように表記する。例えば、気体の一酸化炭素は、CO(気)と表記する。

表. 各種気体分子の解離エネルギー

気体分子	解離エネルギー[kJ/mol]
H ₂	436
O ₂	494
H ₂ O	926
CO	1073
CO ₂	1602

- 問 1. 1 mol の H_2O (液) の生成や蒸発に関するエネルギー図は、下図のように描かれる。〔ア〕～〔エ〕にあてはまる化学式および状態を答えよ。また、〔オ〕～〔キ〕にあてはまる数値を整数で答えよ。

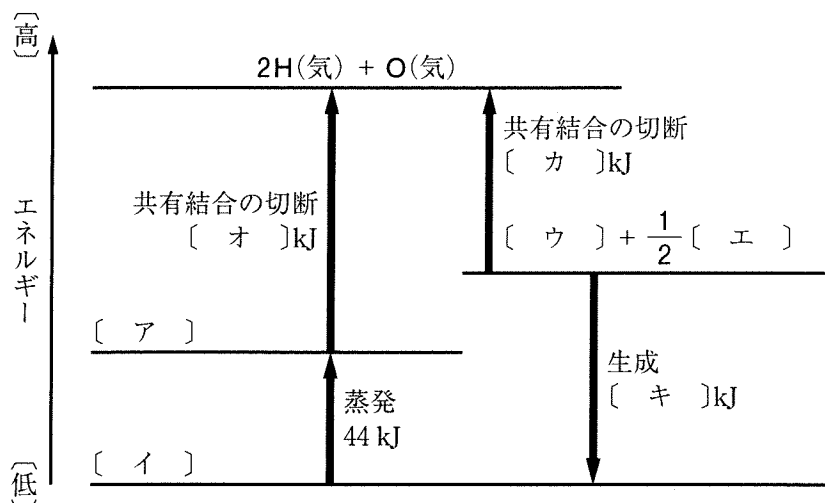


図. 1 mol の H_2O (液) の生成や蒸発に関するエネルギー図

- 問 2. 気体の一酸化炭素の生成熱が 111 kJ/mol であるとき、黒鉛の完全燃焼を表す化学反応式と燃焼熱 $[\text{kJ/mol}]$ を答えよ。ただし、数値は整数で示せ。
- 問 3. グルコース ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) は人の細胞内の主要なエネルギー源であり、代謝の過程で酸化される。この代謝を $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (固) の完全燃焼であると仮定すると、 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (固) 1 mol から 2803 kJ の燃焼熱が発生する。 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (固) の生成熱 $[\text{kJ/mol}]$ と、その完全燃焼を表す化学反応式を答えよ。ただし、数値は整数で示せ。

〔3〕 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。(25点)

周期表で、3～11族に属する元素を〔ア〕といい、鉄をはじめ、銅、銀、マンガンなど、日常生活で重要なものが多く含まれる。〔ア〕のイオンや化合物は有色のものが多く、錯イオンをつくりやすい。錯イオンにおいて、金属イオンに結合した分子やイオンは〔イ〕とよばれる。錯イオンの立体構造は中心金属イオンの種類や〔イ〕の数により決まる傾向があり、ジアンミン銀(I)イオンでは〔ウ〕形、ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸イオンでは〔エ〕形の構造をとっている。金属イオンは、それぞれ特定の試薬と反応して特有の色の沈殿を生じるものが多い。例えば、鉄(Ⅱ)イオン Fe^{2+} を含む水溶液にヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム水溶液を加えると、〔オ〕色の沈殿を生じる。このような性質を利用して、各種金属イオンの混合水溶液から、それぞれの金属イオンを分離することができる。また、酸化数の高いマンガンやクロムを含む化合物は、酸化力が強く酸化剤として用いられる。

問1. 文章中の〔ア〕～〔オ〕にあてはまる最も適切な語句を、次の(A)～(W)の中から1つずつ選び記号で答えよ。

- | | | | |
|------------|-----------|--------------|-----------|
| (A) 淡黄 | (B) 赤褐 | (C) 黒 | (D) 濃青 |
| (E) 原子 | (F) 配位子 | (G) 官能基 | (H) 水和水 |
| (I) コロイド | (J) 錯塩 | (K) 中間子 | (L) 折れ線 |
| (M) 直線 | (N) 正四面体 | (O) 正方四辺 | (P) 正八面体 |
| (Q) 正六面体 | (R) 典型元素 | (S) 遷移元素 | (T) 非金属元素 |
| (U) ハロゲン元素 | (V) 希土類元素 | (W) アルカリ金属元素 | |

問2. 第4周期元素は、K殻からN殻まで電子が収容されている。原子番号26の鉄Feの各殻に収容されているそれぞれの電子数を答えよ。

問 3. Cu^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} を含む混合水溶液に、過剰のアンモニア水を加えたときに生じる沈殿に含まれる 2 種類の金属イオンを化学式で答えよ。また、溶液中に含まれる錯イオンの化学式と名称を答えよ。

問 4. 硫酸で酸性にした過マンガン酸カリウム水溶液 100 mL に、0.100 mol/L の硫酸鉄(Ⅱ)水溶液を少しずつ加えたとき、50.0 mL 加えたところで溶液の赤紫色が消えた。この反応に用いた過マンガン酸カリウム水溶液の濃度 [mol/L] を、有効数字 3 桁で答えよ。

〔4〕 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。なお、反応はすべて完全に進行し、副反応は起こらないものとする。構造式を答える際には、表紙にある記入例にならって答えよ。ただし、鏡像異性体は区別しないものとする。(25点)

有機化合物 **A** および **B** に触媒を用いて水素を付加させると、ともに化合物 **C** ^{a)}を生じた。化合物 **A** および **B** の水素原子 1 個がメチル基で置換された化合物をそれぞれ化合物 **D** および **E** とすると、これらの化合物においても下線部 a) と同様の反応が進行し、化合物 **D** および **E** のいずれから化合物 **F** を生じた。化合物 **E** を 96.0 mg 完全燃焼させると、二酸化炭素および水をそれぞれ 308 mg および 108 mg 生じた。化合物 **A** の水素原子 1 個がヒドロキシ基で置換された化合物を化合物 **G** とすると、この化合物においても下線部 a) と同様の反応が進行し、化合物 **H** を生じた。化合物 **G** の水素原子 1 個がメチル基で置換された化合物を化合物 **I** とし、化合物 **I** と構造異性体の関係にある化合物を化合物 **J** とする。化合物 **G**, **H**, **I**, **J** はいずれもヒドロキシ基をもつが、化合物 **G** および **I** の水溶液が弱酸性であるのに対し、化合物 **H** および **J** の水溶液は中性を示した。化合物 **A**, **B**, **C**, **D**, **F**, **G** をそれぞれ水と混合し、^{b)}これらに臭素水を加えると外観の変化が観察された化合物は 2 つあった。化合物 **D** を過マンガン酸カリウム水溶液と反応させると化合物 **K** を生成するが、この化合物は化合物 **J** を酸化することでも生成した。

ただし、化合物 **E** は環状化合物であり、化合物 **L** とエチレンの反応によって生じる。なお、この反応によって生成する化合物は化合物 **E** のみであるとする。化合物 **L** の重合体は天然ゴムの主成分である。

エチレンに水を付加させると化合物 **M** が生じた。化合物 **M** と化合物 **K** は、縮合反応により化合物 **N** を生じた。また、化合物 **M** を酸化すると化合物 **O** が生じた。化合物 **O** に脱水剤を加えて加熱すると化合物 **P** を生じた。化合物 **P** を化合物 **G** と反応させると化合物 **Q** を生じた。化合物 **G** は酸触媒下でホルムアルデヒドと反応してやわらかい固体物質 **R** を生じた。物質 **R** 1.00 g を溶媒に完全に溶解させ、この溶液 100 mL の浸透圧を 300 K で測定したところ、浸透圧は 2.50×10^4 Pa であった。

問 1. 下線部 b) について、臭素水を加えると次の(i)または(ii)の変化が観察された。

(i) 臭素水(赤褐色)が脱色された。

(ii) 白色沈殿を生じた。

(i)または(ii)の変化が観察された化合物として最も適切なものを、化合物 A, B, C, D, F, G の中から 1 つずつ選び記号で答えよ。また、選んだ化合物が臭素水と反応して生じる化合物の構造式をそれぞれ答えよ。

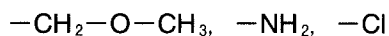
問 2. 化合物 I はヒドロキシ基の置換位置によって 3 種類の異性体がある。このうち、最も融点が高い化合物の構造式を答えよ。

問 3. 化合物 N, P, Q の構造式をそれぞれ答えよ。

問 4. 物質 R の名称を答えよ。また、その分子量はいくらか、有効数字 3 桁で答えよ。

- 〔5〕 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。構造式を答える際には表紙にある記入例にならって、また、部分構造を記入するときは下の記入例にならって答えよ。
(25点)

部分構造の記入例



糖は炭水化物ともよばれ、複数のヒドロキシ基をもつ。加水分解によってそれ以上簡単な糖を生じないものを単糖という。単糖の中で $\text{C}_3(\text{H}_2\text{O})_3$ の式で表される化合物Aはアルドースで不斉炭素をもつ。二糖は2つの単糖が結合したもので、単糖や二糖は甘みを示すものが多い。ショ糖はグルコースとフルクトースが脱水縮合している。またマルトース、セロビオース、トレハロースは2分子のグルコースが脱水縮合している。多糖は多数の単糖が脱水縮合した構造をもつ。セルロースは衣料品や紙製品などに広く利用される。

セルロースと同様に多数のヒドロキシ基をもつポリビニルアルコールは、ヒドロキシ基による水素結合を形成する合成繊維の原料として用いられている。ポリビニルアルコールを合成するとき、原料として化合物Bが用いられ、ビニルアルコールは用いられない。これは、ビニルアルコールは不安定で化合物Cに変化するためである。化合物Bを〔ア〕重合させると化合物Dが生成し、これに水酸化ナトリウム水溶液を加えて〔イ〕するとポリビニルアルコールが得られる。さらに、ポリビニルアルコールの水溶液を細孔から飽和硫酸ナトリウム水溶液中に押し出し紡糸したのち、ホルムアルデヒド水溶液で処理することで、水に不溶な合成繊維Eが得られる。このとき、ポリビニルアルコールのヒドロキシ基の一部がエーテル結合を形成するが、この反応のことを〔ウ〕化という。

問 1. 化合物 A の不斉炭素に結合する部分構造をすべて答えよ。

問 2. フルクトースは、 $C_6H_{12}O_6$ の分子式で表されるグルコースの構造異性体である。図 1 に示すフルクトースの鎖状構造の X として適切な部分構造を答えよ。

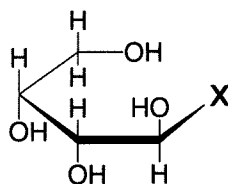
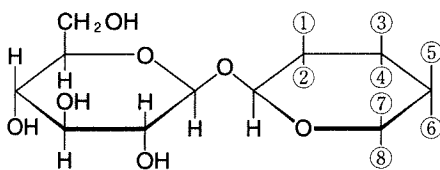
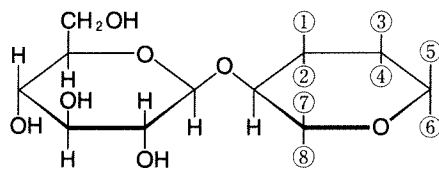


図 1. フルクトースの鎖状構造

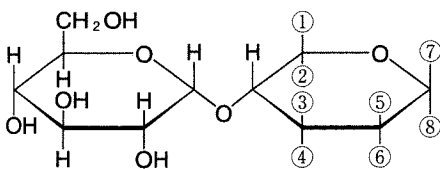
問 3. 図 2 に示す化合物 F, G, H, I の中からマルトース, セロビオース, トレハロースにあてはまるものを記号で答えよ。ただし, トレハロースは α -グルコース構造をもつ。また, それぞれの化合物の①と③として適切な部分構造を答えよ。



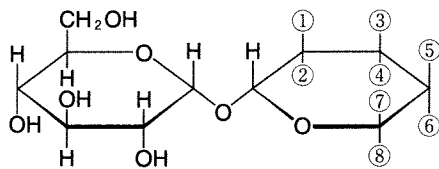
化合物 F



化合物 G



化合物 H



化合物 I

図 2. 化合物 F, G, H, I の構造

問 4. 多糖に関する記述で正しいものを、次の(A)~(G)の中からすべて選び記号で答えよ。

- (A) デンプンはアミラーゼで加水分解されグルコースとなる。
- (B) アミロペクチンは枝分かれ構造を含み、らせん構造をとらない。
- (C) セルロースは還元性を示す。
- (D) デキストリンはデンプンより水に溶けやすい。
- (E) グリコーゲン^①はヨウ素デンプン反応を示さない。
- (F) アミロースは α -グルコースが脱水縮合し、鎖状に結合した構造をもつ。
- (G) トリアセチルセルロースは、ジアセチルセルロースよりアセトンに溶けやすい。

問 5. 文章中の〔ア〕~〔ウ〕にあてはまる適切な語句をそれぞれ答えよ。

問 6. 化合物 B、D および合成繊維 E の名称を答えよ。また、化合物 B と C の構造式を答えよ。

問 7. 合成繊維 E に含まれる炭素と水素の質量比は 33 : 5 であった。ポリビニルアルコールに存在するヒドロキシ基のうち、ホルムアルデヒドが反応した割合〔%〕を有効数字 2 桁で答えよ。

