

化 学

次の ～ の解答としてそれぞれの解答群の中から1つ選び、解答欄にマークしなさい。必要ならば、以下の値を用いなさい。

H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, F = 19.0, Cu = 63.5

理想気体の気体定数 $R = 8.31 \times 10^3$ [L·Pa/(K·mol)]

1 次の文章を読んで、問1～問3に答えなさい。

[実験1] 27℃において、遮光した石英製容器に塩素を圧力が1.00 kPaとなるまで注入すると、容器全体の質量は35.5 mg増加した。さらにこの容器に水素を注入して、全圧を2.00 kPaとした。このときの容器の全質量は、空のときより36.5 mg大きかった。遮光のための覆いを取り外し、光を照射したところ、塩素と水素の反応がおこり、容器内の温度が上昇した。発熱が終わってから紫外線の照射を停止し、容器を冷却して27℃とした。このときの容器全体の質量は空の容器より36.5 mg大きく、容器内の気体の全圧は2.00 kPaだった。

問1 以下の文の空欄をうめなさい。ただし、同じ記号を何度選んでもよい。

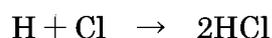
ラボアジエは、上の例のように、反応の前後で が変化しないことを精密な実験で確認した。そののち、「化合物の構成元素の質量比は、化合物の作り方によらず常に一定である」という「定比例の法則」がプルーストによって提唱された。さらに進んで、ドルトンは「2種類以上の元素でできた化合物が複数あるとき、1つの元素の一定質量と化合している他の元素の質量は、簡単な整数比になる」という「倍数比例の法則」を見出した。以上の法則から、反応の前後で生成も消滅もしない最小単位で物質が構成されることが推測される。ドルトンは、この最小単位を原子と名付け、単体の気体は結合を形成していない原子で構成されるとする「原子説」を考えた。ドルトンの考え方によると、上記の反応は



と表される。

一方、ゲーリュサックは「気体の反応では、反応する気体と生成する気体の体積比は、圧力と温度が等しい条件下では、簡単な整数比になる」という「気体反応の法則」を見出すとともに、この法則を説明するために「気体の種類によらず、2と3が等しい条件下では、気体中に含まれる粒子の数は気体の4に比例する」と考えた。温度が一定である場合、気体の体積と圧力は反比例するので、ゲーリュサックの考え方は「2と4が等しい条件下では、気体中に含まれる粒子の数は気体の3に比例する」と言い換えることができる。

上記の反応にゲーリュサックの考え方を適用し、3と粒子数の比例関係に着目すると、その反応式は



となる。左辺では、水素と塩素の原子数はそれぞれ1であるのに対し、右辺では、それぞれ2に増えている。すなわち、ドルトンの原子説に反して、反応により原子が生成してしまう。

一方で、原子数の保存も満足するように塩化水素の組成を変更すると、反応式は



となる。分割されないはずの原子が、右辺では分割されてしまい、やはり矛盾が生じる。

アボガドロは、この矛盾を解消するために、「気体はいくつかの原子が結合した分子という粒子からなる」と考え、「同温・同圧・同体積の気体は、気体の種類によらず同数の分子を含む」という「アボガドロの法則」を唱えた。上記の反応の場合、反応式は



となり、原子数の保存とも、3と粒子数が比例するという説とも矛盾しない。

< 1 ~ 4 の解答群 >

- ① 質量 ② 物質量 ③ 圧力 ④ 体積 ⑤ 温度 ⑥ 密度

問2 次の空欄をうめなさい。

〔実験1〕で用いられた容器の体積は、 L、塩素の原子量は、 である。

< の解答群 >

- ① 0.630 ② 1.25 ③ 2.50 ④ 6.30 ⑤ 7.75 ⑥ 12.5
⑦ 25.0 ⑧ 77.5

< の解答群 >

- ① 17.8 ② 23.5 ③ 35.5 ④ 53.3 ⑤ 71.0 ⑥ 89.0

〔実験2〕1962年に発行されたアメリカ化学会誌84巻では、キセノンとフッ素の化合物が報告されている。これを参考にして以下のような実験を行った。紫外線の透過窓としてサファイアガラスを取り付けたニッケル製の容器に、圧力が500 Paになるまでフッ素を導入したところ、容器全体の質量が38.0 mg増加した。続けて、全圧が1000 Paになるまでこの装置にキセノンを導入したところ、容器全体の質量は、容器が空の場合と比べて169.0 mg大きかった。次に、容器中のキセノンとフッ素の混合気体に紫外線を照射して反応させた。キセノンとフッ素がすべて反応した後に容器内の全圧を測定すると、500 Paだった。なお、圧力はすべて27℃において測定した。

問3 次の空欄をうめなさい。

〔実験2〕から求められるキセノンの原子量は、 である。

ただし、 は百の位を、 は十の位を、 は一の位を示すものとする。小数点以下は四捨五入しなさい。同じ記号を何度選んでもよい。その桁が存在しない場合は、 をマークしなさい。

例 数値が12.5の場合、四捨五入すると13になるので、空欄の数字は

となる。よって、, , をマークする。

< ~ の解答群 >

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 0

[計算用余白]

Windom

2 金属Ⅰ～金属Ⅴの記述を読み、問1～問3に答えなさい。

金属Ⅰ

- (a) 希塩酸に溶解して、気体1を発生する。
- (b) 冷水であっても爆発的に反応して気体1を発生し、さらに水酸化物を生じる。
- (c) (b)の溶液は、赤紫色の炎色反応を示す。

金属Ⅱ

- (a) 希塩酸に溶解して、気体1を発生する。
- (b) 常温で水と反応して気体1を発生し、さらに水酸化物を生じる。
- (c) (a)の水溶液に、二酸化炭素を通じると白色沈殿1が生じる。この白色沈殿は、気体2を発生しながら希塩酸に溶解する。
- (d) (a)の水溶液に、二クロム酸イオンを含む水溶液を加えて塩基性になると、黄色沈殿2を生じる。

金属Ⅲ

- (a) 希塩酸に溶解して、気体1を発生する。
- (b) (a)の水溶液を塩基性にして、硫化水素を通じると淡赤(淡桃)色沈殿3を生じる。
- (c) この金属元素を含むある化合物は、水溶液中では赤紫色のイオンを生じ、硫酸酸性下では強い酸化作用を示す。

金属Ⅳ

- (a) 希塩酸に溶解しない。
- (b) 希硝酸に溶解して無色の気体3を発生し、この気体は空気中で酸素と容易に反応して、赤褐色の気体4になる。
- (c) (b)の水溶液に、少量のアンモニア水、または水酸化ナトリウム水溶液を加えると、同じ青白色沈殿4が生じる。
- (d) (c)に、さらにアンモニア水、または水酸化ナトリウム水溶液を加えると、アンモニア水を加えた場合のみ、沈殿が溶解する。

金属V

- (a) 希塩酸に溶解して、気体1を発生する。
- (b) (a)の水溶液に、少量のアンモニア水、または水酸化ナトリウム水溶液を加えると、同じ白色沈殿5が生じる。
- (c) (b)に、さらにアンモニア水、または水酸化ナトリウム水溶液を加えると、どちらもその沈殿は再び溶解する。
- (d) (c)でアンモニア水により沈殿が溶解した溶液に、硫化水素を通じると、白色沈殿6が生じる。

問1 金属I～金属Vに該当する元素記号を、以下の解答群から選びなさい。

金属I : 金属II : 金属III :
 金属IV : 金属V :

< ～ の解答群 >

- ① Zn ② K ③ Ca ④ Ba ⑤ Na
 ⑥ Mn ⑦ Pb ⑧ Al ⑨ Cu ⑩ Fe

問2 文章中の気体1～気体4に該当する化学式を、以下の解答群から選びなさい。

気体1 : 気体2 : 気体3 : 気体4 :

< ～ の解答群 >

- ① N₂O₄ ② NO₂ ③ N₂ ④ NO ⑤ CO₂
 ⑥ CO ⑦ O₂ ⑧ SO₂ ⑨ H₂

問3 文章中の沈殿1～沈殿6に該当する化学式を、以下の解答群から選びなさい。

沈殿1 : 沈殿2 : 沈殿3 :
沈殿4 : 沈殿5 : 沈殿6 :

< ～ の解答群 >

- ① Zn(OH)₂ ② PbCrO₄ ③ ZnS ④ BaCO₃ ⑤ MnS
 ⑥ Al(OH)₃ ⑦ Cu(OH)₂ ⑧ CaCO₃ ⑨ BaCrO₄ ⑩ Fe(OH)₂

3 次の文章を読んで、問1～問3の空欄をうめなさい。

問1 窒素1.0 molと水素3.0 molを耐圧密閉容器に封入し、 Fe_3O_4 触媒存在下、高温高压で反応を開始させたところ、一部がアンモニアに変換し、同じ温度で圧力が開始時の90%で平衡に達した。平衡に達したときのアンモニアは、25 mol存在する。ただし、ここでは窒素、水素、アンモニアはすべて理想気体とみなせるものとする。

< 25 の解答群 >

- ① 0.050 ② 0.070 ③ 0.10 ④ 0.15 ⑤ 0.20
 ⑥ 0.25 ⑦ 0.30 ⑧ 0.35 ⑨ 0.40 ⑩ 0.45

問2 n molのアンモニアの気体について、圧力 P [Pa]、体積 V [L]、温度 T [K]に関して観測したところ、図1に示すようなデータが得られた。ただし、

$$Z = \frac{PV}{nRT}$$

である。このことはアンモニアが理想気体ではなく、実在気体であることを示している。1.0 molのアンモニアが圧力 P_1 、温度 T_1 において示す体積を V_1 、アンモニアを理想気体と仮定したときに圧力 P_1 、温度 T_1 での体積を V_0 とすると、 V_1 は、26 となる。また、実在気体を臨界温度以下の一定温度で圧縮していくと、ある圧力 P_2 で液化が始まり、次第に液体の量が増加していく。このときの Z と圧力 P の関係を示す曲線は、図2の27 である。

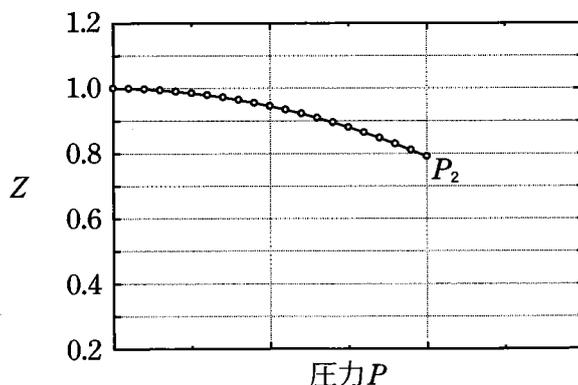


図1

< 26 の解答群 >

- ① Z ② ZRT_1 ③ ZP_1 ④ ZV_0 ⑤ $\frac{ZP_1}{RT}$ ⑥ $\frac{ZV_0}{RT}$

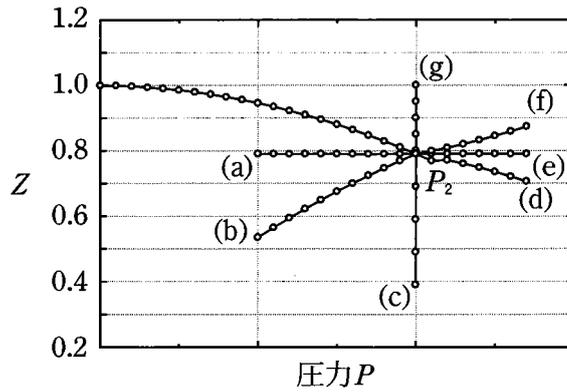


図 2

< 27 の解答群 >

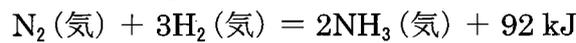
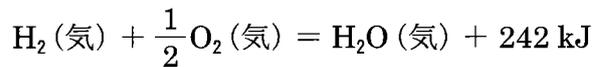
- ① (a) ② (b) ③ (c) ④ (d) ⑤ (e) ⑥ (f) ⑦ (g)

問 3 下表は、それぞれの分子中の結合をすべて切断し、構成する個々の原子に分解するときに必要なエネルギーを示している。この表と、下に示した熱化学方程式を必要に応じて利用すると、アンモニア 34.0 g をすべて原子に分解するときに必要なエネルギーは、 . $\times 10^3$ [kJ] となる。

ただし、 は一の位を、 は小数第一位、 は小数第二位を示すものとする。同じ記号を何度選んでもよい。その桁が存在しない場合は、⑩をマークしなさい。

例 数値が 0.234 の場合、 . 4 であるので⑩、②、③をマークする。

分子	O ₂	N ₂	H ₂ O
エネルギー [kJ/mol]	496	945	928



< ~ の解答群 >

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
 ⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 0

4 次の文章を読んで、問1～問6の空欄をうめなさい。

炭素、水素、酸素、窒素からなる分子量200以下の化合物Xを水酸化ナトリウム水溶液で加水分解し、エーテルで抽出するとエーテル層からはベンゼンの二置換体である化合物Yが、水層からは化合物Zのナトリウム塩が得られた。Yの各元素の組成は、質量比でC 78.5%、H 8.4%、N 13.1%であった。Yを硫酸酸性の二クロム酸水溶液に加えると、水に溶けにくい黒色物質を生じた。Zには異性体が存在し、水に溶解して臭素水を加えると臭素の色が消えた。また、Z 25.8 mgを水200 gに溶解した水溶液に 1.00×10^{-2} mol/L水酸化ナトリウム水溶液30.0 mLを加えると、中和点に達した。Zの分子中で、酸素に結合している炭素は、1種類だけだった。

問1 化合物Yの分子式は、C_[31]H_[32]N_[33]である。

問2 化合物Zの分子量は、34 35 である。

ただし、34 は十の位を、31、32、33、35 は一の位を示すものとする。同じ記号を何度選んでもよい。

問3 化合物Zとして考えられる異性体のうち、幾何異性体は36種類、鏡像異性体(光学異性体)は37種類ある。対応するものが存在しない場合は、①を選びなさい。

< 31 ~ 37 の解答群 >

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 |
| ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | ⑩ 0 |

問4 化合物Xの分子式は、38 である。

< 38 の解答群 >

- | | | | |
|--------------------------------------|--|--|--|
| ① C ₁₀ H ₁₁ ON | ② C ₁₀ H ₁₁ O ₂ N | ③ C ₁₀ H ₁₃ ON | ④ C ₁₀ H ₁₃ O ₂ N |
| ⑤ C ₁₁ H ₁₃ ON | ⑥ C ₁₁ H ₁₅ ON | ⑦ C ₁₁ H ₁₅ O ₂ N | ⑧ C ₁₂ H ₁₃ ON |
| ⑨ C ₁₂ H ₁₅ ON | ⑩ C ₁₂ H ₁₇ ON | | |

問5 化合物Yは、**39**基と**40**基をもっている。**39**と**40**は解答の順序を問わない。

< **39** ~ **40** の解答群 >

- | | | | |
|----------|-------|-------|--------|
| ① ヒドロキシ | ② ニトロ | ③ アミノ | ④ スルホ |
| ⑤ カルボキシ | ⑥ メチル | ⑦ エチル | ⑧ プロピル |
| ⑨ イソプロピル | ⑩ ビニル | | |

問6 化合物Zをアルコールと反応させると、**41**を生成する。

< **41** の解答群 >

- | | | | |
|---------|--------|----------|----------|
| ① アミノ基 | ② ニトロ基 | ③ カルボキシ基 | ④ アルデヒド基 |
| ⑤ アセチル基 | ⑥ 三重結合 | ⑦ アミド結合 | ⑧ エステル結合 |

[計算用余白]

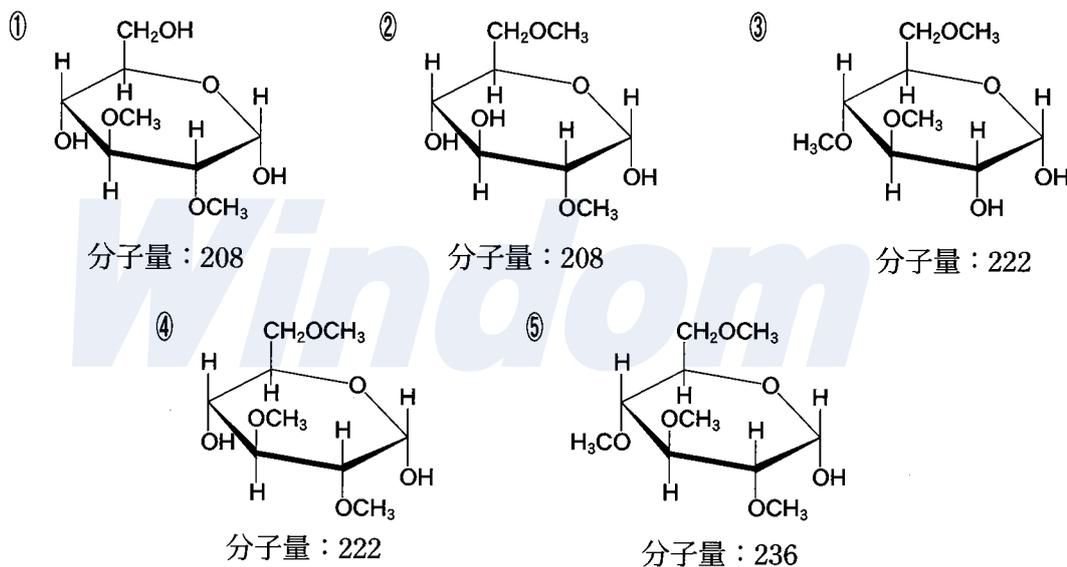
Windom

5 次の文章を読んで、問1～問3の空欄をうめなさい。

植物の貯蔵多糖と同じ結合様式の、グルコースのみからなる分子量 4.05×10^5 の多糖AとBがある。A、Bそれぞれから同じモル濃度の水溶液a、bを調製した。

問1 aとbに含まれる多糖のすべての-OHをメチル化してから酸で完全に加水分解し、溶液a'、b'を得た。この加水分解の反応で、-OCH₃は分解しなかった。a'からは1種類の単糖 [42] のみ検出された。b'からは3種類の単糖 [43]、[44]、[45] が検出された。ただし、反応の前後で溶液の体積は変化しなかった。同じ記号を何度選んでもよい。[43]、[44]、[45] は、解答の順序は問わない。

< [42] ~ [45] の解答群 >



問2 β-アミラーゼは、アミラーゼの一種である。aを10.0 mLとしてβ-アミラーゼで加水分解した後、フェーリング液とともに加熱すると、赤色の酸化銅(I)が28.6 mg沈殿した。多糖Aの重合度は、[46] で、モル濃度は、[47]、[48]、[49] $\times 10^{-50}$ mol/Lである。

< [46] の解答群 >

- ① 50 ② 125 ③ 250 ④ 500 ⑤ 1250
 ⑥ 2500 ⑦ 5000 ⑧ 12500 ⑨ 25000 ⑩ 50000

< [47] ~ [50] の解答群 >

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
 ⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 0

問3 問1のb' **51** mLから、主な生成物が0.800 g、その他の2種の生成物がそれぞれ0.042 g、0.047 g得られた。この多糖は、枝分かれをグルコース **52** 個あたり1つ、多糖1分子あたり **53** 個もっている。

< **51** の解答群 >

- ① 10 ② 20 ③ 30 ④ 40 ⑤ 50
⑥ 60 ⑦ 70 ⑧ 80 ⑨ 90 ⑩ 100

< **52** の解答群 >

- ① 5 ② 10 ③ 20 ④ 50 ⑤ 100
⑥ 125 ⑦ 200 ⑧ 250 ⑨ 500 ⑩ 1000

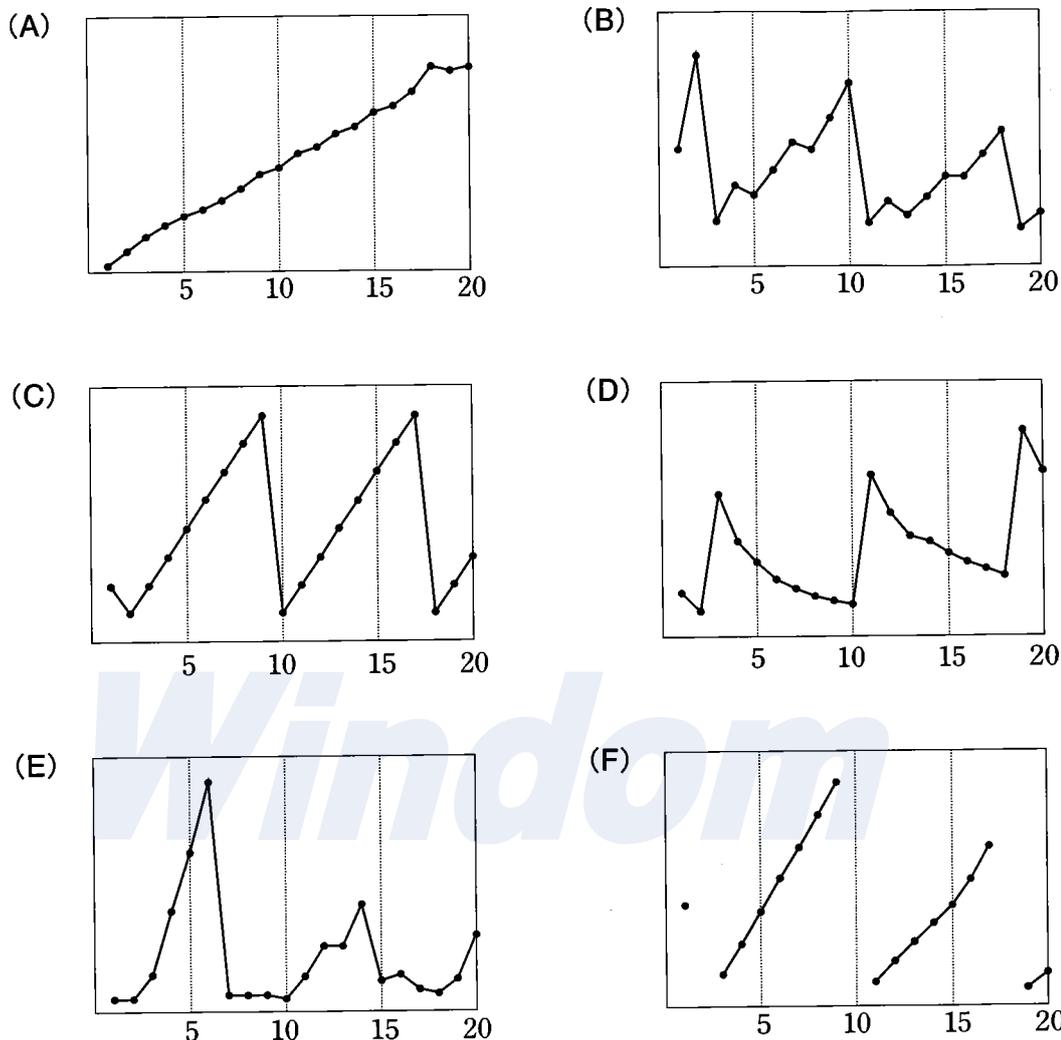
< **53** の解答群 >

- ① 10 ② 25 ③ 50 ④ 100 ⑤ 125
⑥ 500 ⑦ 1000 ⑧ 1250 ⑨ 2500 ⑩ 5000

[計算用余白]

Windom

6 次の(A)～(F)のグラフは、元素に関する何らかの性質を示している。グラフの横軸はすべて原子番号を表している。グラフの縦軸に対応するものを解答群から選びなさい。



- (A) (B) (C)
 (D) (E) (F)

< ~ の解答群 >

- ① イオン化エネルギー ② 価電子数 ③ 単体の融点 ④ 電気陰性度
 ⑤ 原子量 ⑥ 原子半径 ⑦ 最外殻電子数

[計算用余白]

Windom