

英語

日本史

世界史

政治・経済

数(文系型)

数(理系型)

物理

化学

生物

正解・正解例

国語

化学

解答範囲は、解答番号 から までです。

大問 I の解答範囲は、解答番号 から までです。

I 次の (1) ~ (3) の文章を読んで、(1) の文章については後の問い (問 1 ~ 問 4) に、(2) の文章については後の問い (問 5 ~ 問 9) に、(3) の文章については後の問い (問 10 ~ 問 12) に、それぞれ答えなさい。

必要であれば、原子量および定数は次の値を用いなさい。

H = 1.0, C = 12, O = 16

アボガドロ定数 $N_A = 6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$

(1) 水分子 H_2O は、2 個の水素原子 H と 1 個の酸素原子 O が結合してできている。水分子を構成する水素原子と酸素原子は、それぞれの原子から を出しあい、それを共有する。このとき、水素原子は安定な と同じ電子配置になり、酸素原子は安定な と同じ電子配置になる。このように原子どうしが を出しあい、電子対を形成することによってつくられる結合を共有結合という。

共有結合を形成している電子対は、 の大きい原子に引き寄せられる。水分子における酸素と水素の結合には、電荷のかたよりがあるため、結合に極性が生じる。また、水分子の形は折れ線形であ

るため、分子全体としても電荷のかたよりがある。このような分子を極性分子という。アンモニア NH_3 の N-H 結合にも極性があり、 NH_3 分子の形は 形であるため、分子全体では極性は打ち消しあわずに極性分子となる。一方、二酸化炭素 CO_2 の C=O 結合には極性があるが、 CO_2 分子の形は 形であるため、分子全体では結合の極性は打ち消しあって非極性分子となる。

問 1 空所 に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- ① 自由電子 ② 陽イオン ③ 中性子 ④ 価電子
- ⑤ 陰イオン ⑥ 陽子 ⑦ 原子核

問 2 空所 , に当てはまる組み合わせとして最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

	<input type="text" value="2-A"/>	<input type="text" value="2-B"/>
①	ヘリウム	ヘリウム
②	ヘリウム	ネオン
③	ヘリウム	アルゴン
④	ネオン	ヘリウム
⑤	ネオン	ネオン
⑥	ネオン	アルゴン
⑦	アルゴン	ヘリウム
⑧	アルゴン	ネオン
⑨	アルゴン	アルゴン

問 3 空所 に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- ① イオン化エネルギー ② 電気伝導性
- ③ 電子親和力 ④ 陽性
- ⑤ 熱伝導性 ⑥ 電気陰性度
- ⑦ 展性

問 4 空所 , に当てはまる最も適当なものを、次の中からそれぞれ一つずつ選びなさい。

空所 は、解答番号

空所 は、解答番号

- ① 球 ② 直線 ③ 折れ線 ④ 三角錐
- ⑤ 正四面体 ⑥ 三角柱 ⑦ 正八面体 ⑧ 四角柱

(2) 二酸化炭素 CO_2 は常温では気体であるが、温度を下げると分子が規則正しく配列して固体のドライアイスになる。ドライアイスの中では、非極性分子である二酸化炭素どうしが弱い力で引きあっている。一般に分子どうしにはたらく弱い引力を【 6 】という。【 6 】は共有結合と比較してはるかに弱い結合である。

ドライアイスのように、多数の分子が【 6 】によって引きあい、規則正しく配列してできた結晶を、分子結晶という。一般的な分子結晶の性質として、【 7 】、【 8 】などがあげられる。また、分子結晶にならない物質の例としては【 9 】があげられる。

ドライアイスの結晶の単位格子を図1に示した。結晶は、二酸化炭素分子を1つの原子のようにみると、立方体の【10-A】の構造であり、単位格子内に【10-B】個の分子を含む。単位格子の体積を $1.8 \times 10^{-22} \text{ cm}^3$ とした場合、ドライアイスの密度は【 11 】 g/cm^3 と計算される。

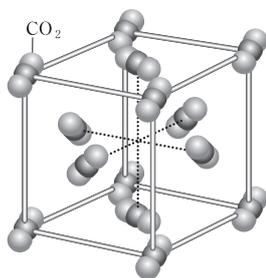


図1 ドライアイスの結晶の単位格子

問5 空所【 6 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- ① イオン結晶 ② 金属 ③ 電子親和力
④ 分子間力 ⑤ 酸化力 ⑥ 還元力

問6 空所【 7 】、【 8 】に当てはまる最も適当なものを、次の中からそれぞれ一つずつ選びなさい。ただし、解答の順序は問わない。

空所【 7 】は、解答番号

空所【 8 】は、解答番号

- ① 融点が高い ② 昇華するものが多い
③ 結晶は電気を通す ④ 液体になると電気を通さない
⑤ 硬い ⑥ 展性がある

問7 空所【 9 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- ① フラーレン ② ダイヤモンド ③ ヨウ素
④ ナフタレン ⑤ *p*-ジクロロベンゼン

問8 空所【10-A】、【10-B】に当てはまる組み合わせとして最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

	【10-A】	【10-B】
①	面心立方格子	1
②	面心立方格子	2
③	面心立方格子	4
④	面心立方格子	6
⑤	体心立方格子	1
⑥	体心立方格子	2
⑦	体心立方格子	4
⑧	体心立方格子	6

問9 空所【 11 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- ① 0.016 ② 0.032 ③ 0.16
④ 0.32 ⑤ 1.6 ⑥ 3.4

(3) 分子には、数百~数千個以上の非常に多くの原子でできているものがある。このような分子を高分子という。図2に構造を示したポリエチレンは高分子化合物であり、単量体はエチレンである。エチレンには二重結合 $\text{C}=\text{C}$ 結合があり、二重結合が開いて別のエチレン分子と単結合をつくる。この反応が次々と起こって長くなるとポリエチレンができる。このような反応を【 12 】重合という。ポリエチレンの平均分子量を 5.6×10^5 とすると重合度は【 13 】と計算される。

ポリエチレンテレフタレートはエチレングリコールとテレフタル酸からつくられる高分子化合物である。エチレングリコールとテレフタル酸が結びつく反応を【 14 】という。

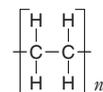


図2 ポリエチレンの化学構造
 n は重合度を示す

問10 空所【 12 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- ① 開環 ② 付加 ③ 縮合
④ 配位 ⑤ 脱離 ⑥ 脱水

英語

日本史

世界史

政治・経済

数学(文系型)

数学(理系型)

物理

化学

生物

正解・正解例

国語

問11 空所【 13 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 13

- ① 1000 ② 2000 ③ 4000
④ 10000 ⑤ 20000 ⑥ 40000

問12 空所【 14 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 14

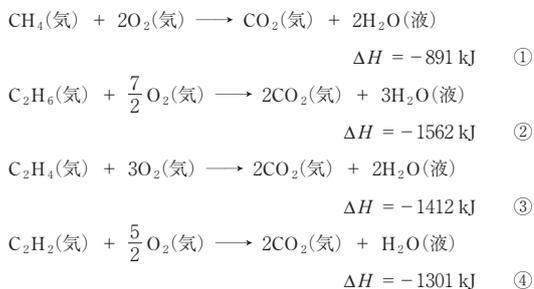
- ① 開環 ② 付加 ③ 縮合
④ 配位 ⑤ 脱離

大問Ⅱの解答範囲は、解答番号 15 から 26 までです。

Ⅱ 次の文章(1)および(2)を読んで、(1)の文章については後の問い(問1～問3)に、(2)の文章については後の問い(問4、問5)に、それぞれ答えなさい。

(1) 化学実験は一定圧力のもとで行われることが多い。一定圧力での化学反応において、エンタルピー (H で表す) という物理量で考えると、物質がどれだけ熱エネルギー放出・吸収したかを理解しやすい。物質が熱エネルギーを放出・吸収するとエンタルピー H の値は減少・増加する。反応の前後におけるエンタルピーの変化量であるエンタルピー変化 ΔH は、一定圧力では反応熱に等しい。したがって、反応エンタルピー ΔH と反応熱 Q との関係は $Q = -\Delta H$ となる。

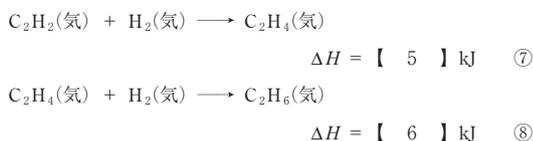
炭化水素の燃焼反応は発熱反応である。メタン CH_4 、エタン C_2H_6 、エチレン C_2H_4 、アセチレン C_2H_2 の燃焼エンタルピーはそれぞれ、



である。また二酸化炭素および水の生成エンタルピーは、
 $\text{C}(\text{黒鉛}) + \text{O}_2(\text{気}) \longrightarrow \text{CO}_2(\text{気}) \quad \Delta H = -394 \text{ kJ} \quad \text{⑤}$
 $\text{H}_2(\text{気}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{気}) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{液}) \quad \Delta H = -286 \text{ kJ} \quad \text{⑥}$

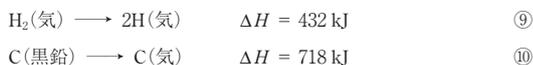
である。これらの値からメタン CH_4 、エタン C_2H_6 、エチレン C_2H_4 、アセチレン C_2H_2 の生成エンタルピーはそれぞれ、【 1 】 kJ/mol、【 2 】 kJ/mol、【 3 】 kJ/mol、【 4 】 kJ/mol となる。

また、これらの値から C_2H_2 への H_2 の付加反応、 C_2H_4 への H_2 の付加反応の反応エンタルピーは、



となる。

結合エネルギーとは、共有結合している原子どうしを引き離して気体状態の原子にするのに必要なエネルギーであり、水素分子 H_2 を引き離して原子状水素にする結合エネルギーおよび黒鉛を引き離して原子状炭素にする結合エネルギーはそれぞれ、



である。これらから CH_4 の4つの C-H 結合がすべて同等であると仮定すると、C-H 結合の結合エネルギーは【 7 】 kJ/mol となる。 C_2H_6 、 C_2H_4 、 C_2H_2 の C-H 結合エネルギーが CH_4 の場合と同じと仮定すると、 C_2H_6 の C-C 単結合エネルギーは【 8 】 kJ/mol、 C_2H_4 の C=C 二重結合エネルギーは【 9 】 kJ/mol、 C_2H_2 の C≡C 三重結合エネルギーは【 10 】 kJ/mol となる。

問1 空所【 1 】～【 4 】に当てはまる最も適当なものを、次の中からそれぞれ一つずつ選びなさい。

空所【 1 】は、解答番号 15
 空所【 2 】は、解答番号 16
 空所【 3 】は、解答番号 17
 空所【 4 】は、解答番号 18

- ① -175 ② -136 ③ -84 ④ -75 ⑤ 52
⑥ 227 ⑦ 332 ⑧ 414 ⑨ 592 ⑩ 813

問2 空所【 5 】、【 6 】に当てはまる最も適当なものを、次の中からそれぞれ一つずつ選びなさい。

空所【 5 】は、解答番号 19
 空所【 6 】は、解答番号 20

- ① -175 ② -136 ③ -84 ④ -75 ⑤ 52
⑥ 227 ⑦ 332 ⑧ 414 ⑨ 592 ⑩ 813

問3 空所【 7 】～【 10 】に当てはまる最も適当なものを、次の中からそれぞれ一つずつ選びなさい。

空所【 7 】は、解答番号

空所【 8 】は、解答番号

空所【 9 】は、解答番号

空所【 10 】は、解答番号

- ① -175 ② -136 ③ -84 ④ -75 ⑤ 52
⑥ 227 ⑦ 332 ⑧ 414 ⑨ 592 ⑩ 813

(2) エタン C_2H_6 は高温、固体触媒存在下でエチレン C_2H_4 と水素分子 H_2 に解離する。この反応は可逆反応で、その平衡状態は次の式⑪で表される。



平衡状態におけるそれぞれの気体の分圧を $p_{C_2H_6}$, $p_{C_2H_4}$, p_{H_2} とすると、圧平衡定数 K_p は、式⑫で与えられる。

$$K_p = \frac{p_{C_2H_4} p_{H_2}}{p_{C_2H_6}} \quad \text{⑫}$$

今、容積一定の密閉容器に C_2H_6 を 1.00 mol 入れて温度 687℃ に保つと、全圧 P は 1.00×10^5 Pa になった。この容器に固体触媒を加えると式⑪の反応が起き、平衡に達した。このときの解離度を α とおくと、反応前および平衡時の各物質の物質量は、次のように表される。

	C_2H_6	\rightleftharpoons	C_2H_4	+	H_2
反応前	1.00		0		0
平衡時	$1.00(1-\alpha)$		1.00α		1.00α

平衡時の全圧 P は $P = 1.00(1+\alpha) \times 10^5$ Pa, それぞれの気体の分圧は、 $p_{C_2H_6} = 1.00(1-\alpha) \times 10^5$ Pa, $p_{C_2H_4} = p_{H_2} = 1.00\alpha \times 10^5$ Pa

となるから、圧平衡定数 K_p は、 $K_p = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)} \times 10^5$ Pa となる。687℃において、 $K_p = 5.00 \times 10^3$ Pa であることから、解離度 α は $\alpha = \text{【 11 】}$ 、全圧 P は $P = \text{【 12 】}$ Pa となる。なお、それぞれの気体は全て理想気体としてふるまい、固体触媒の体積は無視できるものとする。

問4 空所【 11 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- ① 0.10 ② 0.20 ③ 0.30 ④ 0.40 ⑤ 0.50
⑥ 0.60 ⑦ 0.70 ⑧ 0.80 ⑨ 0.90 ⑩ 1.00

問5 空所【 12 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- ① 6.00×10^3 ② 9.00×10^3 ③ 1.20×10^4
④ 3.00×10^4 ⑤ 6.00×10^4 ⑥ 9.00×10^4
⑦ 1.20×10^5 ⑧ 3.00×10^5 ⑨ 6.00×10^5
⑩ 9.00×10^5

大問Ⅲの解答範囲は、解答番号 から までです。

Ⅲ 次の(1)および(2)の文章を読んで、(1)の文章については後の問い(問1、問2)に、(2)の文章については後の問い(問3～問11)に、それぞれ答えなさい。

必要であれば、原子量は次の値を用いなさい。

H = 1.0, C = 12, O = 16, Br = 80

(1) メタンやエタンのように、単結合のみからなる鎖式炭化水素を【 1 】という。【 1 】の分子式は、分子中の炭素原子Cの数を n とすると、一般式 C_nH_{2n+2} で表される。

これに対して、分子中に【 2 】結合を1つもち、一般式 C_nH_{2n} ($n \geq 2$) で表される鎖式炭化水素を【 3 】という。

一般に、 C_xH_y で表される不飽和炭化水素の場合、 x の値が等しく単結合のみからなる飽和炭化水素に比べて、分子中に含まれるHの数が $(2x+2-y)$ 個少ない構造をとる。このとき、 $(2x+2-y)/2$ の式で計算して得られる値を不飽和度という。したがって、一般式 C_nH_{2n} ($n \geq 2$) で表される【 3 】の不飽和度は1となる。また、一般式 C_nH_{2n-2} ($n \geq 3$) で表され、不飽和度1となる炭化水素には、分子中に環状構造を1つもつものも存在する。一方、一般式 C_nH_{2n-2} ($n \geq 2$) で表される【 4 】では、不飽和度2となる。

英語

日本史

世界史

政治・経済

数(文系型)

数(理系型)

物理

化学

生物

正解・正解例
講評

国語

問1 空所【 1 】, 【 3 】, 【 4 】に当てはまる最も適当なものを、次の中からそれぞれ一つずつ選びなさい。

空所【 1 】は、解答番号

空所【 3 】は、解答番号

空所【 4 】は、解答番号

- | | | |
|--------|---------|---------|
| ① アミン | ② アルカン | ③ アルキン |
| ④ アルケン | ⑤ アルコール | ⑥ アルデヒド |
| ⑦ エーテル | ⑧ エステル | ⑨ カルボン酸 |
| ⑩ ケトン | | |

問2 空所【 2 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- | | |
|------------|-----------|
| ① アミド | ② イオン |
| ③ エーテル | ④ エステル |
| ⑤ 金属 | ⑥ 水素 |
| ⑦ 炭素原子間の三重 | ⑧ 炭素原子間の単 |
| ⑨ 炭素原子間の二重 | |

(2) 有機化合物 **A**, **B**, **C** は同一の分子式 C_4H_8O で示され、分子中に環状構造を含まないことがわかっている。これらの有機化合物の構造と性質について考えよう。実験の結果、化合物 **A**, **B**, **C** および化合物 **A** から導かれる化合物 **D** について、以下の(ア)～(カ)に示すような性質をもつことがわかった。

- (ア) 1.0 mol の化合物 **A** を適当な溶媒に溶かし、その溶液に室温で過剰量の臭素 Br_2 を加えたところ、1.0 mol の Br_2 が化合物 **A** に付加した。化合物 **B** も、 Br_2 に対して化合物 **A** と同様な反応性を示した。化合物 **C** は、 Br_2 と反応しなかった。
- (イ) 化合物 **A** は、単体のナトリウム Na と反応して水素 H_2 を生じた。化合物 **B** および **C** は、 Na と反応しなかった。
- (ウ) 化合物 **A** の分子中には、不斉炭素原子が1つ含まれるが、化合物 **B** および化合物 **C** の分子中には、不斉炭素原子は含まれていなかった。
- (エ) 化合物 **A** を適切な酸化剤で酸化すると、分子式 C_4H_6O で示される化合物 **D** が生じ、化合物 **D** の分子中には、不斉炭素原子は含まれていなかった。
- (オ) 1.0 mol の化合物 **D** を、適切な触媒を用いて室温で 1.0 mol の H_2 と過不足なく反応させると、化合物 **C** が生じた。
- (カ) 化合物 **B** の分子中には、エーテル結合が含まれていた。

まず、化合物 **A**, **B**, **C** の不飽和度について考えよう。分子中に酸素 O を含む場合、 $C_4H_8O_2$ で表される分子の不飽和度も

$(2x + 2 - y)/2$ となる。化合物 **A**, **B**, **C** の分子式が同一の C_4H_8O であることから、化合物 **A**, **B**, **C** の不飽和度はいずれも【 5 】であることがわかる。

(ア) の性質より、化合物 **A** および化合物 **B** の分子中には、【 6 】結合が1つずつ含まれると考えられる。そこで、(イ) の性質も合わせて考えると、化合物 **A** の分子中には、【 7 】基が含まれると考えられる。したがって、分子式が C_4H_8O であり、分子中に環状構造をもたず、(ア)～(ウ) の性質を満たす化合物 **A** の構造式は【 8 】であると考えられる。(エ) の性質より、化合物 **D** の構造式は【 9 】であると考えられる。ただし、化合物 **A** および化合物 **D** の構造式については、シス・トランス異性体(幾何異性体)も鏡像異性体も区別しないものとする。

また、(ア)～(ウ) および (オ) の性質より、化合物 **C** の構造式は【 10 】であると考えられる。一方、化合物 **B** の構造式については、幾何異性体を区別すれば全部で【 11 】つある。

ここで、化合物 **A** および化合物 **C** の混合物 72 g について考えよう。この混合物に十分な量の Br_2 を加えて反応させたところ、下線部①の混合物の質量は 88 g となった。このことから、付加した Br_2 の物質質量は、全部で【 12 】 mol であり、下線部①の混合物に含まれる化合物 **A** の物質質量のモル分率は、【 13 】のように計算することができる。ただし、有効数字 2 桁^{ひた}で表すものとする。

問3 空所【 5 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

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

問4 空所【 6 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- | | |
|------------|-----------|
| ① アミド | ② イオン |
| ③ エーテル | ④ エステル |
| ⑤ 金属 | ⑥ 水素 |
| ⑦ 炭素原子間の三重 | ⑧ 炭素原子間の単 |
| ⑨ 炭素原子間の二重 | |

問5 空所【 7 】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号

- | | | |
|---------|---------------|---------|
| ① アゾ | ② アミノ | ③ カルボキシ |
| ④ カルボニル | ⑤ スルホ | ⑥ ニトロ |
| ⑦ ヒドロキシ | ⑧ ホルミル(アルデヒド) | |

