

2021 M

理 科

理科は 物 理 化 学 生 物 のうち 2 科目を選択受験のこと。

物 理 …… 1 頁 化 学 ……15 頁 生 物 ……25 頁

問題 Ⅰ はマークシート方式, Ⅱ は記述式である。

Ⅰ の解答はマークシートに, Ⅱ の解答は解答用紙に記入すること。

(注 意 事 項)

1. 監督者の指示があるまでは, この問題冊子を開かないこと。
2. マークシートは, コンピュータで処理するので, 折り曲げたり汚したりしないこと。
3. マークシートに, 氏名・受験番号を記入し, 科目選択・受験番号をマークする。マークがない場合や誤って記入した場合の答えは無効となる。

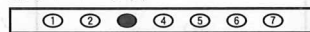
受験番号のマーク例(13015の場合)

受 験 番 号				
1	3	0	1	5
万位	千位	百位	十位	一位
●	①	●	①	①
②	①	①	●	①
③	②	②	②	②
④	●	③	③	③
⑤	④	④	④	④
⑥	⑤	⑤	⑤	●
⑦	⑥	⑥	⑥	⑥
⑧	⑦	⑦	⑦	⑦
⑨	⑧	⑧	⑧	⑧
⑨	⑨	⑨	⑨	⑨

4. マークシートにマークするときは, HB または B の黒鉛筆を用いること。誤ってマークした場合には, 消しゴムで丁寧に消し, 消しくずを完全に取除いたうえで, 新たにマークし直すこと。
5. 下記の例に従い, 正しくマークすること。

(例えば 3 と答えたいとき)

正しいマーク例



誤ったマーク例

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	マークが薄い
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	マークが不完全
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	マークが○印
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	マークがV印

6. 各科目とも基本的に正解は一つであるが, 科目によっては二つ以上解答を求めている場合があるので設問をよく読み解答すること。
7. 解答は所定の位置に記入すること。

化 学

必要なら、原子量は $H = 1.0$, $C = 12$, $N = 14$, $O = 16$, $Na = 23$, $Al = 27$, $P = 31$, $S = 32$, $Cl = 35.5$, $K = 39$, $Ca = 40$, $Cu = 64$ を使い、アボガドロ定数 $N_A = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$, 気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ を用いなさい。すべての気体は理想気体として扱うものとする。

I 以下の問題(第1問～第3問)の答えをマークシートに記しなさい。

第1問 次の各問いに答えなさい。〔解答番号 ～ 〕

問1 次の記述①～⑥のうち正しいものを一つ選びなさい。

- ① 第3周期のすべての原子の最外殻電子数はそれぞれの原子の価電子数と等しい。
- ② Brの原子番号はClの原子番号より8大きい。
- ③ すべての遷移元素の原子の最外殻電子数は2である。
- ④ Nの価電子数は3であるのでH原子3個を結合させることができる。
- ⑤ 原子番号 n の原子Aがイオン A^{3+} になったとき、原子Bがイオン B^- になったときの電子数は等しい。Bの原子番号は $n - 2$ である。
- ⑥ 原子K, Li, Ne, O, Sをイオン化エネルギーが大きい順に並べると $Ne > O > S > Li > K$ である。

問2 水の水素は ^1H と ^2H よりなり、酸素は ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O からなるとする。(イ)～(ホ)で示す分子中に含まれる中性子数が同じものの組み合わせとして、正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。

- (イ) $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$ (ロ) $^1\text{H}^2\text{H}^{18}\text{O}$ (ハ) $^1\text{H}_2^{17}\text{O}$ (ニ) $^2\text{H}_2^{17}\text{O}$ (ホ) $^2\text{H}_2^{16}\text{O}$
- ① (イ), (ハ) ② (イ), (ホ) ③ (ロ), (ハ)
- ④ (ロ), (ニ) ⑤ (ハ), (ニ) ⑥ (ハ), (ホ)

問3 2種類の元素A, Bだけからなる3種類の化合物I, II, IIIがある。Aの質量組成はIでは46.7%, IIでは30.4%, IIIでは36.8%であった。IIの組成式が AB_2 であるとする、IIIの組成式として正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。

- ① AB ② AB_3 ③ A_2B_3
- ④ A_2B_5 ⑤ A_2B_7 ⑥ A_3B_4

問 4 水溶液 A の凝固点は $-0.372\text{ }^{\circ}\text{C}$ であった。また、非電解質 B の $x\text{ [mol/L]}$ 水溶液は A より低い浸透圧であった。この B 水溶液 1 L にさらに $y\text{ [mol]}$ の電解質 C を溶かすと A と同じ浸透圧となった。電解質 C は水溶液中で 1 分子が n 個のイオンに電離し、その電離度は α である。 x を示す式として正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。ただし、すべての水溶液はいずれもモル濃度と質量モル濃度が同じとみなせる希薄溶液とし、 α の温度変化は無いとする。また、電解質 C を溶かした時の溶液の体積変化は無視できるものとし、水のモル凝固点降下は $1.86\text{ K}\cdot\text{kg/mol}$ とする。 4 mol/L

- ① $0.2 - y\{1 + \alpha(n - 1)\}$ ② $0.2 - y\{1 - \alpha(n - 1)\}$
 ③ $0.2 - y\{1 + \alpha(n + 1)\}$ ④ $0.2 + y\{1 + \alpha(n - 1)\}$
 ⑤ $0.2 + y\{1 - \alpha(n - 1)\}$ ⑥ $0.2 + y\{1 + \alpha(n + 1)\}$

問 5 次の実験操作①～⑥のうち、正しい操作であり、最も正確に 0.100 mol/L の硫酸銅水溶液を作ることができるものを一つ選びなさい。 5

- ① 16.0 g の CuSO_4 をメスシリンダーで定量した 1000 mL の水に溶かした。
 ② 25.0 g の $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{ H}_2\text{O}$ を約 500 mL の水にビーカーで溶かした後、完全にメスシリンダーに移し、さらに水を加え 1000 mL の標線に合わせた。
 ③ 25.0 g の $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{ H}_2\text{O}$ を 975 g の水に溶かした。
 ④ 25.0 g の $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{ H}_2\text{O}$ を 1000 mL のメスフラスコに入れ、水を加えて標線に合わせてから完全に溶かした。
 ⑤ 16.0 g の $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{ H}_2\text{O}$ を約 500 mL の水にビーカーで溶かした後、完全に 1000 mL のメスフラスコに移し、さらに水を加えて標線に合わせた。
 ⑥ 25.0 g の $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{ H}_2\text{O}$ を約 500 mL の水にビーカーで溶かした後、完全に 1000 mL のメスフラスコに移し、さらに水を加えて標線に合わせた。

問 6 銅に濃硝酸を加えると気体 A が、希硝酸を加えると気体 B が、そして加熱した濃硫酸を加えると気体 C が生成した。次の問い(a)～(c)に答えなさい。

(a) 気体 A に関する記述として正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。 6

- ① 黄緑色の気体である。
 ② 水に溶けにくい。
 ③ 冷却すると色が薄くなる。
 ④ 空気より軽い。
 ⑤ 空気中で酸化されやすい。
 ⑥ 還元作用がある。

(b) 気体 A の物質量は気体 B の物質量の 2 倍であった。気体 A の生成で反応した銅の物質量は、気体 B の生成で反応した銅の物質量の何倍か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。

- ① 0.33 ② 0.50 ③ 0.67
④ 1.34 ⑤ 1.5 ⑥ 3.0

(c) 気体 C と同じ捕集法で集めることが適切である気体を①～⑥の中から一つ選びなさい。

- ① 水 素 ② 硫化水素 ③ アンモニア
④ 一酸化炭素 ⑤ 酸 素 ⑥ 一酸化窒素

第2問 アンモニアに関する次の各問いに答えなさい。〔解答番号 ~ 〕

問1 実験室では塩化アンモニウムと水酸化カルシウムを混合し加熱するとアンモニアを得ることができる。塩化アンモニウム 10.7 g と水酸化カルシウム 3.70 g の混合物を充分加熱し完全に反応させたところ、容器内は固体のみとなった。次の問い(a), (b)に答えなさい。

(a) 発生したアンモニアの体積は 27 °C, 1.00×10^5 Pa で何 L か。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 L

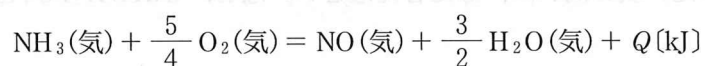
- ① 2.49 ② 3.74 ③ 4.98
④ 6.78 ⑤ 7.47 ⑥ 9.15

(b) 反応後、容器内の固体は何 g になるか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 g

- ① 5.35 ② 5.55 ③ 7.15
④ 7.35 ⑤ 9.25 ⑥ 10.9

問2 アンモニアは工業的には窒素と水素から合成される。次の問い(a), (b)に答えなさい。

(a) アンモニアの生成熱は 46 kJ/mol, 水素の燃焼熱は 286 kJ/mol, 一酸化窒素の生成熱は -90 kJ/mol, 水の蒸発熱は 44 kJ/mol である。次の熱化学方程式の反応熱 Q [kJ] を求めなさい。最も近い値を①~⑧の中から一つ選びなさい。 kJ



- ① -316 ② -293 ③ -227 ④ 227
⑤ 250 ⑥ 293 ⑦ 316 ⑧ 361

(b) 窒素 10.0 mol と水素 30.0 mol の混合物を容器に入れて、温度を 486 °C, 圧力を 1.00×10^7 Pa に保ち平衡になるまで放置した。この時、容器内の混合気体の密度が 15.0 g/L であった。平衡時の混合気体中のアンモニアの割合は体積百分率で何%か。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 %

- ① 3.20 ② 5.18 ③ 6.25
④ 7.46 ⑤ 9.20 ⑥ 11.2

問 3 アンモニアを触媒存在下で加熱すると分解することができる。この反応で生成した水素を燃料電池の燃料として使うなど、アンモニアはクリーンなエネルギー源となり得る。また、アンモニアは比較的容易に液化し運搬にも有利である。

液化してあるアンモニア 1.00 L を容器に入れ温度を 27 °C にしたところ、すべて気体となり圧力が 1.00×10^5 Pa となった。温度を 327 °C に加熱してアンモニアを分解したところ、ある時間後に圧力が 2.40×10^5 Pa となった。生成した水素を取り出し、空气中で燃焼したときに得られる熱量(25 °C, 1.013×10^5 Pa)は何 kJ か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。ただし、液体アンモニアの密度は 0.680 g/mL とし、水素の燃焼熱は問 2 (a)に示した値を用いなさい kJ

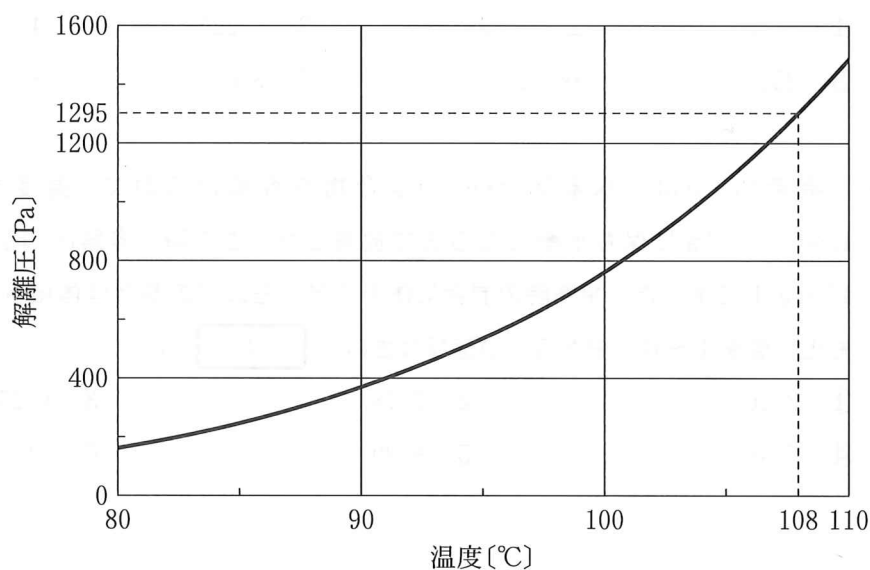
- | | | |
|--------|--------|--------|
| ① 1525 | ② 1716 | ③ 2288 |
| ④ 3050 | ⑤ 3432 | ⑥ 4576 |

問 4 リン酸二アンモニウム $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ は常温で固体であり、加熱すると分解してアンモニアが生成する。



密閉容器に固体のリン酸二アンモニウムを入れて真空にした後、一定温度に保って平衡になったときの圧力は、二つの固体が共存していれば、固体の組成に関係なく温度だけによって決まる。この解離平衡になったときの気体の圧力を解離圧という。リン酸二アンモニウムの解離圧の温度変化を図に示した。

体積 44 L の容器にリン酸二アンモニウムを 1.32 g 入れて真空にし、平衡に達するまで温度を 108 °C に保った。次の問い(a), (b)に答えなさい。なお、 $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$ はこの温度では分解しない。



(a) 平衡に達したときに容器内にある固体の質量は何 g か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。 g

- ① 0.132 ② 0.264 ③ 0.528
④ 0.920 ⑤ 1.15 ⑥ 1.32

(b) 平衡に達した時に、アンモニアをその時の圧力の2倍になるまで加えた。温度を108℃に保ち再び平衡に達した時に容器内のリン酸二アンモニウムの質量は何 g か。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。ただし、アンモニアを加えている間には平衡の移動がないものとする。 g

- ① 0.132 ② 0.264 ③ 0.528
④ 0.920 ⑤ 1.15 ⑥ 1.32

第3問 炭素、水素、酸素からなる有機化合物AとBがある。A、Bともに3つのエステル結合を持つが、カルボキシ基およびヒドロキシ基は持たず、分子内に三重結合はない。A、Bに水素を付加させると、Aのみに水素が付加し、水素が付加したAはBと同じ分子式となった。ある質量のAに水素をa[g]付加させると32.4gとなり、これを元素分析するために乾燥した酸素を加えながら完全に燃焼させたところ、b[g]の二酸化炭素と16.2gの水が生成した。この時必要となった酸素は43.2gであった。AとBを加水分解すると物質量はともに3倍となり、これらの加水分解で生成される物質は酢酸、炭素数が3つのX、炭素数が3つのYおよび炭素数が4つのZの4種類であった。Xは炭素—炭素間がすべて単結合であり、鎖状である。Bの加水分解産物にYが含まれ、Zにはヒドロキシ基が含まれていない。またエステル結合は加水分解産物同士をつなぐものしかない。次の各問いに答えなさい。ただし、加水分解産物中に含まれるカルボキシ基とヒドロキシ基はその位置にかかわらずエステル結合できるものとし、カルボキシ基中の—OHはヒドロキシ基として扱わないとする。〔解答番号 ~ 〕

問1 文中のbは何gであるか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 g

- ① 59.4 ② 60.3 ③ 65.6
④ 72.9 ⑤ 88.5 ⑥ 94.8

問2 Bの組成式はどうなるか。正しいものを①~⑥の中から一つ選びなさい。

- ① CH_2O ② $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}$ ③ $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$
④ $\text{C}_3\text{H}_3\text{O}$ ⑤ $\text{C}_3\text{H}_3\text{O}_2$ ⑥ $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$

問3 Bの分子式はBの組成式を何倍にしたものか。正しいものを①~⑥の中から一つ選びなさい。

- ① 3 ② 4 ③ 5
④ 6 ⑤ 7 ⑥ 8

問 4 Xにはカルボキシ基およびヒドロキシ基がいくつ含まれているか。正しい組み合わせを

①～⑨の中から一つ選びなさい。

	カルボキシ基の個数	ヒドロキシ基の個数
①	0	3
②	0	2
③	0	1
④	1	2
⑤	1	1
⑥	1	0
⑦	2	1
⑧	2	0
⑨	3	0

問 5 Yとして考えられる物質はシス-トランス異性体および鏡像異性体を含めていくつあるか。正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。

- ① 1 ② 2 ③ 3
④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6

問 6 Zとして考えられる物質はシス-トランス異性体および鏡像異性体を含めていくつあるか。正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。

- ① 1 ② 2 ③ 3
④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6

問 7 文中の a は何 g であるか。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。 g

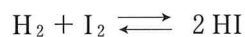
- ① 0.20 ② 0.30 ③ 0.40
④ 0.50 ⑤ 0.60 ⑥ 0.70

問 8 A の分子式はどうなるか。正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。

- ① $C_6H_4O_6$ ② $C_6H_7O_8$ ③ $C_9H_7O_6$
④ $C_9H_{10}O_6$ ⑤ $C_{12}H_{10}O_8$ ⑥ $C_{12}H_{14}O_8$

II 次の各問いの答えを解答用紙に記しなさい。

一定体積の密閉容器内に、水素分子 1.0 mol とヨウ素分子 1.0 mol を封入し、温度 T [K] において反応させた。以下の反応においてヨウ化水素生成を正反応とし、反応速度の絶対値を v 、ヨウ化水素の分解を逆反応とし、反応速度の絶対値を v' とする。また、反応時間を t [s] とし、反応が平衡に達した時刻を t_e [s] とする。



生成したヨウ化水素の物質量と反応時間の関係を図 1 に、平衡時におけるヨウ化水素の物質量と反応温度の関係を図 2 に示す。

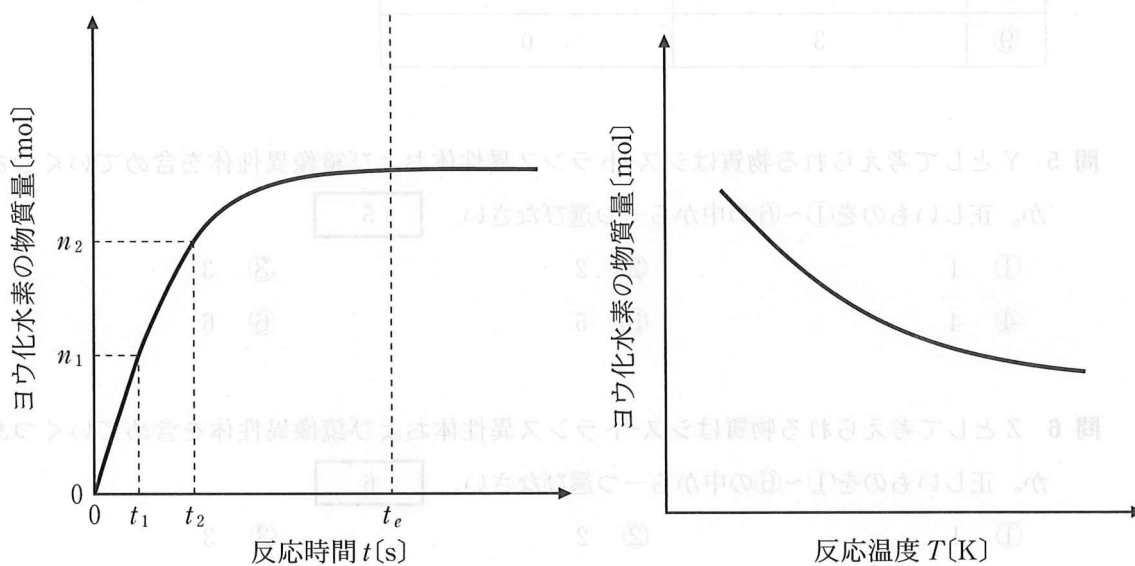


図 1

図 2

問 1 次の問い(a)~(c)に答えなさい。

- 時刻 t_e における v' は v の何倍か。
- みかけのヨウ化水素の生成速度の時間変化を t_e の後まで図に示しなさい。
- 反応時間 $t_1 \sim t_2$ の間に、ヨウ化水素の物質量が $n_1 \sim n_2$ まで変化したとする。この間の水素分子の平均消失速度 \bar{v} を表す式を書きなさい。

問 2 次の問い(a)~(c)に答えなさい。

- (a) 温度 T [K] における以下の反応の圧平衡定数 K_p と濃度平衡定数 K_c の関係を書きなさい。



- (b) 温度 T [K] におけるヨウ化水素生成反応の圧平衡定数 K_p と濃度平衡定数 K_c の関係を書きなさい。
- (c) 時刻 t_e における圧平衡定数 K_p を 64 とすると、平衡時の水素分子の物質量は何 mol か。

問 3 次の問い(a), (b)に答えなさい。

- (a) この反応における正反応は、「発熱反応」・「吸熱反応」・「どちらでもない」のいずれであるか。またその理由を 50 文字以内で書きなさい。
- (b) 温度と体積が一定で平衡に達した後、時刻 t_3 で新たに水素分子を加え、 t_4 で反応が再び平衡に達し、 t_5 に至ったとする。 $t_3 \sim t_5$ における v の時間変化を実線で、 v' の時間変化を点線で図に示しなさい。