

化 学

(解答はすべて解答用紙に記入すること)

必要があれば、原子量は次の値を使うこと。

H : 1.00

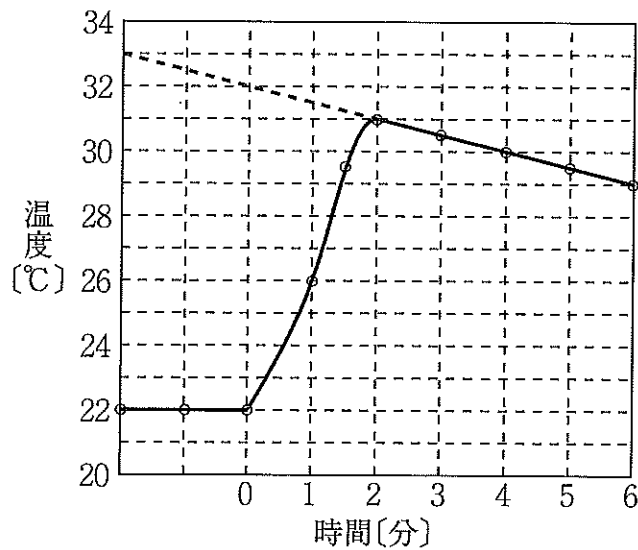
O : 16.0

Na : 23.0

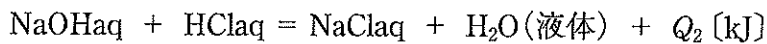
Cl : 35.5

気体はすべて理想気体として扱うものとする。

問2 発泡ポリスチレン製の容器に 22.0℃の水 231 g を入れ、これに 22.0℃の純粋な水酸化ナトリウム（固体）9.00 g を加えて完全に溶かした。このときの経過時間と溶液温度の変化を次図に示す。



次いで、得られた水酸化ナトリウム水溶液に、質量パーセント濃度が 3.65 %の希塩酸 200 g を加えた。このときには 11.3 kJ の熱量が発生した。次の熱化学方程式中の反応熱 Q_1 [kJ]、および Q_2 [kJ] にあてはまる数値の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑨のうちから1つ選べ。ただし、すべての水溶液の比熱（1 g の温度を 1℃上げるのに必要な熱量）を 4.20 J/(g · K)、電解質の水溶液中での電離度を 1.00 とし、発生した熱は水溶液の温度上昇のみに使われたものとする。 7



	Q_1 [kJ]	Q_2 [kJ]
①	44.8	50.2
②	44.8	56.5
③	44.8	62.8
④	47.1	50.2
⑤	47.1	56.5
⑥	47.1	62.8
⑦	49.3	50.2
⑧	49.3	56.5
⑨	49.3	62.8

2 酸と塩基とが中和反応して水 1 mol が生成するときの反応熱を一般に中和熱という。強酸の希薄水溶液を強塩基の希薄水溶液で中和して塩の希薄水溶液が得られる場合、その中和熱は酸と塩基の種類によらず一定の値 56.5 kJ/mol となる。^(a) 一方、弱酸や弱塩基が関わる中和反応の中和熱はこの値からずれる。この値と、表 1 および表 2 に示した物質の生成熱と溶解熱の値を用いて、以下の各問いに答えなさい。ただし、溶液はすべて希薄水溶液とし、表 2 のアンモニアの水への溶解熱は、アンモニアが電離していないときのものである。

表 1 いくつかの物質の生成熱

物質	生成熱 [kJ/mol]
HCl (気)	92.3
NaOH (固)	425.6
NaCl (固)	411.1
H ₂ O (液)	285.8
NH ₃ (気)	45.9
NH ₄ Cl (固)	313.4

表 2 いくつかの物質の水への溶解熱

物質	溶解熱 [kJ/mol]
HCl (気)	74.9
NaCl (固)	-3.9
NH ₃ (気)	34.2
NH ₄ Cl (固)	-14.8

問 1 下線部 (a) で述べた強酸の希薄水溶液と強塩基の希薄水溶液の中和反応に共通な熱化学方程式を、解答欄に書きなさい。

問 2 固体の水酸化ナトリウム 1 mol を希塩酸で直接中和すると、その反応熱は何 kJ の発熱あるいは吸熱となるか。

次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 25 kJ の発熱 B. 50 kJ の発熱 C. 75 kJ の発熱 D. 100 kJ の発熱
E. 25 kJ の吸熱 F. 50 kJ の吸熱 G. 75 kJ の吸熱 H. 100 kJ の吸熱

問 3 固体の水酸化ナトリウム 1 mol を大量の水に溶かすと、その反応熱は何 kJ の発熱あるいは吸熱となるか。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 5 kJ の発熱 B. 20 kJ の発熱 C. 30 kJ の発熱 D. 45 kJ の発熱
E. 5 kJ の吸熱 F. 20 kJ の吸熱 G. 30 kJ の吸熱 H. 45 kJ の吸熱

問4 アンモニア 1 mol を溶かしたアンモニア水を希塩酸で中和すると、その反応熱は何 kJ の発熱あるいは吸熱となるか。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。ただし、アンモニア水中のアンモニアは電離していないものとする。

- A. 25 kJ の発熱 B. 50 kJ の発熱 C. 75 kJ の発熱 D. 100 kJ の発熱
E. 25 kJ の吸熱 F. 50 kJ の吸熱 G. 75 kJ の吸熱 H. 100 kJ の吸熱

問5 水溶液中でアンモニア 1 mol が、水分子と反応してアンモニウムイオンと水酸化物イオンとに電離したとすると、その反応熱は何 kJ の発熱あるいは吸熱となるか。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 5 kJ の発熱 B. 20 kJ の発熱 C. 30 kJ の発熱 D. 45 kJ の発熱
E. 5 kJ の吸熱 F. 20 kJ の吸熱 G. 30 kJ の吸熱 H. 45 kJ の吸熱

化	学
---	---

必要なら次の値を用いなさい。原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, Mg = 24, Al = 27, S = 32, Cl = 35, Fe = 56, Cu = 64, Zn = 65, アボガドロ定数： $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$, 気体定数 R ： $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ 。すべての気体は理想気体として扱うものとする。

第2問 熱化学反応に関する各問いに答えなさい。

[解答番号 ~]

問1 H_2O (液)の生成熱は 286 kJ/mol であり, C(黒鉛)からの CH_4 (気)と CO_2 (気)の生成熱はそれぞれ 75.0 kJ/mol および 394 kJ/mol である。 CH_4 (気)の燃焼熱 [kJ/mol]はいくつか。最も近い値を①~⑧の中から一つ選びなさい。ただし, 生じた H_2O はすべて液体とする。 kJ/mol

- ① 319 ② 469 ③ 605 ④ 680
 ⑤ 819 ⑥ 871 ⑦ 891 ⑧ 1041

問2 体積 1.0 L の容器に C(黒鉛)を入れ, これを酸素と窒素の混合気体で満たすと 27°C で 175500 Pa を示した。全ての黒鉛を燃焼させた後, 温度 27°C で圧力を測定したところ 300000 Pa であった。また, 燃焼時に発生した熱量は 70.1 kJ であった。初めに容器に入れた黒鉛の質量は何 g か。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。ただし, CO (気)の黒鉛からの生成熱は 110 kJ/mol とし, 窒素は反応しないものとする。また, 黒鉛の体積は無視して良い。 g

- ① 2.4 ② 2.6 ③ 3.0
 ④ 3.7 ⑤ 4.6 ⑥ 5.2

問3 共有結合を切断して原子にするのに必要なエネルギーをその共有結合の結合エネルギーという。 H_2 (気)の結合エネルギーを $A \text{ [kJ/mol]}$, O_2 (気)の結合エネルギーを $B \text{ [kJ/mol]}$ とすると, H_2O (気)中の1つの $\text{H}-\text{O}$ 結合の結合エネルギー [kJ/mol]を示す式として最もふさわしいものを①~⑥の中から一つ選びなさい。ただし, H_2O (気)の生成熱を $Q \text{ [kJ/mol]}$ とする。

kJ/mol

- ① $\frac{1}{2}(A + \frac{B}{2} + Q)$ ② $A + \frac{B}{2} + Q$
 ③ $\frac{1}{2}(A + \frac{B}{2} - Q)$ ④ $A + \frac{B}{2} - Q$
 ⑤ $\frac{1}{2}(A - \frac{B}{2} + Q)$ ⑥ $A - \frac{B}{2} + Q$

問 4 次の表にそれぞれの気体分子の結合エネルギー [kJ/mol] を示した。この表と問 1 で示された値を用いて黒鉛 60 g を原子に分解するのに必要なエネルギー [kJ] を求めた。最も近い値を①～⑧の中から一つ選びなさい。ただし、水の蒸発熱は 44 kJ/mol とする。 kJ

分子(気体)	結合エネルギー [kJ/mol]
H ₂ O	926
H ₂	436
CO ₂	1608

- ① 359 ② 718 ③ 3590 ④ 4080
 ⑤ 4690 ⑥ 5130 ⑦ 7180 ⑧ 8550

問 5 濃度未知の塩酸 200 mL と濃度未知の水酸化ナトリウム水溶液 200 mL を混ぜたところ混合水溶液の pH は 1.0 となり、その時に上昇した温度は 6.72 K であった。この時用いた塩酸の濃度 [mol/L] として最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。ただし、実験は 25 °C で行い、中和熱は 25 °C で 56.5 kJ/mol であり、この混合水溶液の比熱は 4.20 J/(g·K) で密度は 1.00 g/cm³ とする。 mol/L

- ① 0.300 ② 0.540 ③ 0.600
 ④ 0.700 ⑤ 1.00 ⑥ 1.20

化 学

(注意) 解答にあたって必要ならば, 次の数値を用いよ。

原子量: $H = 1.0$, $He = 4.0$, $C = 12$, $N = 14$, $O = 16$, $Ne = 20$,

$Na = 23$, $Mg = 24$, $Cl = 35.5$, $K = 39$, $Zn = 65$, $Ag = 108$

アボガドロ定数: $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$; 0°C の絶対温度: $T = 273 \text{ K}$

気体定数: $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

第3問 次の文章を読み、問い(問1～6)に答えよ。

硝酸は、工業的には次の方法でつくられる。

反応1：ハーバー・ボッシュ法で合成された化合物アを空気と混合し、白金を触媒として約800℃で反応させ、化合物イをつくる。

反応2：化合物イを空気中で酸化して化合物ウとする。

反応3：化合物ウを水に吸収させて硝酸とする。

問1 反応1で、化合物ア 1.00 mol を完全に反応させるのに必要な酸素の物質質量として最も適当な数値を、次の①～⑧のうちから選べ。

mol

- ① 0.50 ② 0.75 ③ 1.00 ④ 1.25
⑤ 1.50 ⑥ 1.75 ⑦ 2.00 ⑧ 2.25

問2 化合物イ、ウの記述として最も適しているものを、それぞれ次の①～⑧のうちから選べ。

イ： ウ：

- ① 塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱すると得られる。
② 常温で二量化しやすく、一部は無色の化合物に変化する。
③ 亜硝酸アンモニウム水溶液を加熱すると得られる。
④ シアン酸アンモニウムの加熱によって得られる。
⑤ 亜硫酸ナトリウムに希硫酸を加えると得られる。
⑥ 水に溶解しやすい無色の気体である。
⑦ 血管を拡張させる作用を示す。
⑧ 水に溶けて塩基性を示す。

問 3 反応 3 で、化合物ウ 1.00 mol を完全に反応させた。生成した硝酸の物質質量として最も適当な数値を、次の①～⑧のうちから選べ。

mol

- ① 0.333 ② 0.500 ③ 0.667 ④ 1.00
 ⑤ 1.25 ⑥ 1.50 ⑦ 1.75 ⑧ 2.00

問 4 反応 1～3 は、1つの化学反応式にまとめることができる。反応 1～3 が完全に進み、5.1 kg の化合物アが全て硝酸になったとすると、70 % 硝酸は何 kg 得られるか。最も適当な数値を、次の①～⑥のうちから選べ。

kg

- ① 9.6 ② 14 ③ 19 ④ 27 ⑤ 38 ⑥ 54

問 5 次の値を利用して窒素(N_2)の結合エネルギーを計算すると、何 kJ/mol になるか。最も適当な数値を、下の①～⑥のうちから選べ。

生成熱 [kJ/mol] : ア(気) 46, イ(気) -90, ウ(気) -33

結合エネルギー [kJ/mol] : H—H 436, O=O 498, N—H 391

kJ/mol

- ① 589 ② 810 ③ 858 ④ 946 ⑤ 978 ⑥ 1130

問 6 銀に希硝酸を加えると、気体を発生しながら銀が完全に反応した。生成した気体をすべて水上置換で捕集したところ、27℃、996 hPa の大気圧のもとで 2.0 L の気体が得られた。ただし、27℃での水蒸気圧は 36 hPa とし、全ての気体が捕集され、水への溶解や空気との反応はなかったものとする。反応した銀の質量 (g) として最も適当な数値を、次の①～③のうちから選べ。

g

- ① 0.083 ② 0.25 ③ 4.2 ④ 8.3
 ⑤ 13 ⑥ 17 ⑦ 25 ⑧ 28

化 学

すべての設問にわたって、解答に際して必要ならば次の各値を使いなさい。

原子量 H : 1.0 C : 12 N : 14 O : 16 Na : 23

S : 32 Cl : 35.5 K : 39 I : 127 Pb : 207

ファラデー定数 9.65×10^4 C/mol

水のイオン積 (25°C) $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ mol²/L²

$\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 5 = 0.70$, $\log_{10} 7 = 0.85$

1 次の問1～9に答えなさい。〔解答番号 ～ 〕

問1 純物質であるものとして最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。

- ① 塩酸 ② 緑青 ③ 黄銅 ④ 黄銅鉱 ⑤ シュウ酸二水和物

問2 極性分子であるものとして最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。

- ① テトラクロロメタン ② トランス-1,2-ジクロロエチレン
 ③ 1,2,3-トリクロロプロパン ④ 1,3,5-トリクロロベンゼン
 ⑤ 1,2,4,5-テトラクロロベンゼン

問3 結晶格子に関する次の①～⑤の記述のうち、誤りを含むものを一つ選びなさい。

3

- ① ダイヤモンド型の共有結合性結晶は、単位格子あたり8個の原子を含む。
- ② 六方最密構造の金属は、単位格子あたり2個の原子を含む。
- ③ 塩化セシウム型のイオン結晶は、単位格子あたり1個の陽イオンを含む。
- ④ 閃亜鉛鉱型（硫化亜鉛型）のイオン結晶は、単位格子あたり4個の陽イオンを含む。
- ⑤ ドライアイスは、面心立方格子の単位構造の金属原子の位置に二酸化炭素分子が存在している結晶で、その単位格子あたり4個の酸素原子を含む。

問4 次の①～⑤の記述のうち、反応の前後で酸化数の変化のないものを一つ選びなさい。

4

- ① アセトンに水酸化ナトリウムとヨウ素を加えて加熱すると、黄色沈殿が生じた。
- ② カーバイドに水を作用させると気体が発生した。
- ③ ノナペプチドである鎖状オキシトシンがジスルフィド結合を形成して環状オキシトシンに変化した。
- ④ 反応容器にニトロベンゼンとスズおよび濃塩酸を入れ、おだやかに加熱して反応させた。
- ⑤ 塩化ベンゼンジアゾニウムの水溶液を25℃の室温で放置すると気体が発生した。

問5 あるリン酸型水素燃料電池は、起電力が1.0 Vであった。この電池のエネルギー変換効率として最も近い数値を、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、水素の燃焼熱を286 kJ/molとする。また、水素を完全燃焼させることによって発生する化学エネルギーに対する電気エネルギーの比率をエネルギー変換効率といい、発生した電気エネルギー〔J〕は、放電した電気量〔C〕と電圧〔V〕との積である。

5 %

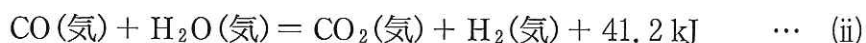
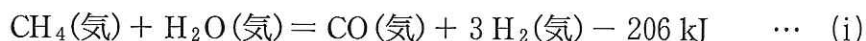
- ① 17 ② 34 ③ 51 ④ 67 ⑤ 85 ⑥ 100

化 学

必要なら次の値を用いなさい。原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, Al = 27, S = 32, Cl = 35.5, Cu = 63.6, Ag = 108, アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$, 気体定数： $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$, ファラデー定数： $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ 。全ての気体は理想気体として扱うものとする。なお, $1 \text{ hPa} = 1 \times 10^2 \text{ Pa}$ である。

問 3 燃料電池は負極活物質に燃料，正極活物質に酸素を用いる電池である。負極活物質に水素，電解液にリン酸水溶液を使った水素燃料電池は使用時に二酸化炭素を排出しないクリーンなエネルギーとして実用段階に入っているが，現在，水素の大半は化石資源の炭化水素から得られている。

メタンを金属触媒を用いて水蒸気と反応させると一酸化炭素と水素が得られる(水蒸気改質反応)。この反応で生成した一酸化炭素を触媒を用いて水蒸気と反応させると水素と二酸化炭素が生成する(水性ガスシフト反応)。



次の問い(a)~(d)に答えなさい。ただし，水の蒸発熱を 44 kJ/mol，水(気体)の生成熱を 242 kJ/mol としなさい。

(a) $\text{CH}_4(\text{気})$ が燃焼して $\text{CO}_2(\text{気})$ と $\text{H}_2\text{O}(\text{液})$ が生じる際の燃焼熱[kJ/mol]を求めなさい。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。

kJ/mol

① 685

② 803

③ 847

④ 891

⑤ 968

⑥ 1144

- (b) 水蒸気改質反応(i)と水性ガスシフト反応(ii)の平衡についての記述のうち、正しい記述の組み合わせを①～⑧の中から一つ選びなさい。

5

- (イ) 反応(i)で水素の生成率を大きくするには、温度を高くすればよい。
 (ロ) 反応(ii)で水素の生成率を大きくするには、温度を高くすればよい。
 (ハ) 反応(i)で水素の生成率を大きくするには温度を低くすればよいが、反応速度は小さくなる。
 (ニ) 反応(ii)で水素の生成率を大きくするには温度を低くすればよいが、反応速度は小さくなる。
 (ホ) 反応(i)で水素の生成率を大きくするには、圧力を高くすればよい。
 (ヘ) 反応(i)で水素の生成率を大きくするには、圧力を低くすればよい。
 (ト) 反応(ii)で水素の生成率を大きくするには、圧力を高くすればよい。
 (チ) 反応(ii)で水素の生成率を大きくするには、圧力を低くすればよい。

【解答群】

- | | |
|-----------------|-----------------|
| ① (イ), (ニ), (ヘ) | ② (イ), (ニ), (ト) |
| ③ (イ), (ヘ), (チ) | ④ (ロ), (ホ), (ト) |
| ⑤ (ロ), (ヘ), (チ) | ⑥ (ハ), (ニ), (チ) |
| ⑦ (ハ), (ニ), (ホ) | ⑧ (ハ), (ホ), (ト) |

- (c) 反応(ii)の水性ガスシフト反応で、等しい物質量の CO(気)と H₂O(気)を密閉容器に入れて一定温度で反応させた。平衡に達したとき、反応前の CO に対する反応した CO の物質量の割合を a とすると、平衡定数 K はどのような式で表されるか。正しい式を①～⑥の中から一つ選べ。

6

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| ① $K = (1 - a^2) / a^2$ | ② $K = a^2 / (1 - a)^2$ |
| ③ $K = 1 / (1 - a)^2$ | ④ $K = a / (1 - a)$ |
| ⑤ $K = a^2 / (1 - a)$ | ⑥ $K = (1 - a) / a$ |

- (d) 電池は化学反応のエネルギーを電気エネルギーとして取り出す装置である。電位差 E [V] で電流を流す時に得られるエネルギー Q [J] は流れた電気量を q [C] とすると、

$$Q[\text{J}] = E[\text{V}] \times q[\text{C}]$$

となる。したがって、電池の起電力の理論値は電池全体の反応の反応エネルギーから求めることができる。

水素燃料電池, $(-)\text{Pt}\cdot\text{H}_2 \mid \text{H}_3\text{PO}_4\text{aq} \mid \text{O}_2\cdot\text{Pt}(+)$ の起電力の理論値は、反応エネルギーが反応熱に等しいと考えると何 V になるか。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。ただし、生成物はすべて液体として考えなさい。 V

- | | | |
|-------|-------|-------|
| ① 0.7 | ② 1.3 | ③ 1.5 |
| ④ 1.8 | ⑤ 2.5 | ⑥ 3.0 |

化 学

解答上の注意

1. 解答は、解答用紙の解答欄にマークしなさい。

例えば、 と表示のある問題に対して、「①～⑧のうちから2つ選び、一緒にマークせよ。」の場合は例に従う。

例 ②と⑦と答えたいとき

解答番号	解 答 欄									
4	①	●	③	④	⑤	⑥	●	⑧	⑨	⑩

例えば、 と表示のある問題に対して、計算等から得られた数値をマークする場合は例に従う。

例 38と答えたいとき

解答番号	解 答 欄									
6	①	②	●	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
7	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	●	⑨	⑩

2. 体積の単位リットルはLで表す。

3. 必要があれば次の値を用いなさい。

原子量：H = 1.0 C = 12 N = 14 O = 16 Na = 23 Mg = 24 S = 32
 Cl = 35.5 Ca = 40 Ti = 48 Fe = 56 Ag = 108 Sn = 119

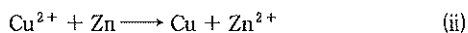
2 次の文章を読み、下の問い(問1～5)に答えよ。

電池とは酸化還元反応に伴って放出される **24** エネルギーを **25** エネルギーに変える装置のことである。電池の起電力は、電極に使われる物質の標準電極電位の差に相当する。標準電極電位とは、ある金属をその金属の陽イオンの水溶液(1 mol/L)に浸したとき、**26** 電極との間に生じる起電力のことである。例えば、ダニエル電池では銅と亜鉛を電極として用いる。銅と亜鉛の標準電極電位は、それぞれ+0.34 V、-0.76 Vであり、その差1.10 Vはダニエル電池の実際の起電力とおおよそ一致する。

一方、電池から得られる起電力の最大値は、電池内部で起こる反応によって放出されるエネルギー Q (J) に比例し、式(i)から求めることができる。ただし、 n は電池内部で生成物 1 mol が得られるとき電極間を移動する電子の物質質量(mol)、 E は最大起電力(V)、 F はファラデー定数(9.65×10^4 C/mol)である。

$$Q = n \times E \times F \quad (i)$$

ここで、ダニエル電池の活物質は Cu^{2+} と Zn であり、電池内部で起こる反応をまとめると、式(ii)のように表される。



式(ii)の反応熱は 213 kJ/mol であるから、ダニエル電池の起電力の最大値は、式(i)を用いて、1.10 V と計算される。この値が実際の起電力とほぼ等しいことは、ダニエル電池がエネルギー効率のよい電池であることを表している。

乗用車走行の電源としても実用化が進められている燃料電池では、式(iii)に示す反応を利用する。



燃料電池のエネルギー効率は、ダニエル電池より低いが、一般的な内燃機関(ガソリンエンジンなど)よりエネルギー効率が高い。

問1 **24** , **25** に当てはまる語として最も適切なものを、次の①～⑤のうちから1つずつ選べ。

- ① 熱 ② 位置 ③ 運動 ④ 化学 ⑤ 電気

問2 **26** に当てはまる物質として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから1つ選べ。

- ① 銀 ② ケイ素 ③ 酸素 ④ 水素 ⑤ 炭素 ⑥ 水銀

問3 鉛蓄電池(起電力 2.0 V)の電極を別の物質に変えて放電させる実験を、表1に示す実験A、実験Bのように行ったところ、それぞれ各電極の表面で種々の現象が確認された。下の(1)、(2)に答えよ。

表1

実験	各電極の表面で確認された現象	
	負極	正極
実験A：負極を亜鉛に交換した	27	28
実験B：正極を白金に交換した	29	30

(1) 表1の **27** ~ **30** に入る現象として最も適切なものを、次の①～⑤のうちからそれぞれ1つずつ選べ。同じものを繰り返し選んでもよい。

- ① 溶解した ② 黒色の析出物におおわれた ③ 白色の析出物におおわれた
④ 水素の泡におおわれた ⑤ 酸素の泡におおわれた

(2) 実験A、実験Bのそれぞれから得られる電池の起電力として最も近い値を、次の①～⑩のうちから1つずつ選べ。ただし、鉛、白金の標準電極電位は、それぞれ-0.13 V、1.2 V とする。

- 実験A **31** V 実験B **32** V
- ① 0.15 ② 0.20 ③ 0.35 ④ 1.2 ⑤ 1.3
⑥ 1.4 ⑦ 2.0 ⑧ 2.3 ⑨ 2.6 ⑩ 2.9

問 4 下線部アについて、次の(1), (2)に答えよ。

(1) 燃料電池の起電力の最大値(V)はいくらか。最も近い値を、次の①～⑨のうちから1つ選べ。ただし、燃料電池の反応によって生じる水は液体であるとし、また水の生成熱を 286 kJ/mol として計算せよ。 V

- ① 0.690 ② 0.741 ③ 1.22 ④ 1.38 ⑤ 1.48
 ⑥ 2.76 ⑦ 2.96 ⑧ 5.51 ⑨ 5.93

(2) 燃料電池の実際の起電力は 1.23 V である。このとき燃料電池のエネルギー効率(%)はいくらか。最も近い値を、次の①～⑨のうちから1つ選べ。 %

- ① 20.7 ② 22.3 ③ 41.6 ④ 44.6 ⑤ 56.1
 ⑥ 60.2 ⑦ 83.1 ⑧ 89.1 ⑨ 99.5

問 5 銀を陽極、炭素を陰極に用い、直流電流を通じて硝酸銀水溶液の電気分解を行った。陰極の質量は、電気分解前が 1.483 g 、電気分解後が 1.687 g であった。この電気分解の電源として問 4 の燃料電池を用いた場合、電池内部で生成した水の質量(mg)はいくらか。 には十の位の数字を、 には一の位の数字をマークせよ。小数点以下がある場合には四捨五入せよ。該当する位がない場合には①をマークせよ。 mg

化 学

(注意) 解答にあたって必要ならば, 次の数値を用いよ。

原子量: $H = 1.0$, $C = 12$, $N = 14$, $O = 16$, $Na = 23$, $Mg = 24$,

$S = 32$, $Cl = 35.5$, $Cu = 63.5$

ファラデー定数: $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

アボガドロ定数: $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$; 0°C の絶対温度: $T = 273 \text{ K}$

気体定数: $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

標準状態における気体 1 mol の体積: 22.4 L

第3問 次の文章を読み、問い(問1～5)に答えよ。

7種類の金属元素ア～キは、次のいずれかである。

Al, Ba, Ca, Fe, Mg, Na, Zn

- 1) エ, オ, カの単体は室温で水と反応して、強い塩基性を示す水酸化物を生成した。オ, カの水酸化物は水によく溶けたが、エの水酸化物は水に少し溶けた。
- 2) ア, イ, ウ, キの陽イオンをそれぞれ含む水溶液に少量の水酸化ナトリウム水溶液を加えると、いずれも水酸化物が沈殿した。ア, イ, ウの水酸化物の沈殿に過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えると、イ, ウでは無色透明な溶液になったが、アの赤褐色の水酸化物は溶けなかった。一方、アの水酸化物を加熱すると赤褐色の化合物Xが生じた。
- 3) ア, イ, ウの水酸化物に過剰のアンモニア水を加えると、ア, ウの水酸化物は溶けなかったが、イでは無色透明な溶液となった。
- 4) エ, オ, カ, キの陽イオンをそれぞれ含む水溶液に希硫酸を加えると、エ, カでは白色沈殿が生じた。

問1 イ, エ, カ, キとして最も適当なものを、次の①～⑦のうちから選べ。

イ: エ:
 カ: キ:

- ① Al ② Ba ③ Ca ④ Fe
 ⑤ Mg ⑥ Na ⑦ Zn

問2 ア～キのなかで、第3周期に属する元素を次の①～⑦のうちからすべて選び、解答番号15の解答欄にマークせよ。

- ① ア ② イ ③ ウ ④ エ
 ⑤ オ ⑥ カ ⑦ キ

問 3 イの水酸化物に、水酸化ナトリウム水溶液を過剰に加えて生成する化合物として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから選べ。ただし、イの元素記号をイと表すものとする。

16

- ① $\text{Na}[\text{イ}(\text{OH})_2]$ ② $\text{Na}_2[\text{イ}(\text{OH})_2]$ ③ $\text{Na}[\text{イ}(\text{OH})_4]$
 ④ $\text{Na}_2[\text{イ}(\text{OH})_4]$ ⑤ $\text{Na}[\text{イ}(\text{OH})_6]$ ⑥ $\text{Na}_2[\text{イ}(\text{OH})_6]$

問 4 オの単体の結晶構造では、原子は立方体の中心と各頂点に位置しており、単位格子の一辺の長さは、 $4.3 \times 10^{-8} \text{ cm}$ である。この単位格子中に含まれる原子の数と、この結晶の密度として最も適当な数値を、それぞれ次の①～⑥のうちから選べ。

単位格子中に含まれる原子の数 17

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6

密度 18 g/cm^3

- ① 0.91 ② 0.96 ③ 1.92 ④ 2.7 ⑤ 3.6 ⑥ 5.4

問 5 化合物 X にウの単体の粉末を混ぜて点火したところ、激しく反応してアの単体と化合物 Y が生じた。化合物 Y として最も適当なものを、次の①～⑦のうちから選べ。

19

- ① Al_2O_3 ② BaO ③ CaO ④ Fe_2O_3
 ⑤ MgO ⑥ Na_2O ⑦ ZnO

解答する上での注意

数値の解答は、各問題の解答形式に指定されている桁数に従い、解答する。

解答例：解答欄が指数形式の場合、260、2.6、0.0026は、各々、 $\boxed{2} \cdot \boxed{6} \times 10^{\boxed{2}}$ 、 $\boxed{2} \cdot \boxed{6} \times 10^{\boxed{0}}$ 、 $\boxed{2} \cdot \boxed{6} \times 10^{-\boxed{3}}$ と解答する。

：解答欄が2桁の場合、6は $\boxed{0} \boxed{6}$ 、26は $\boxed{2} \boxed{6}$ と解答する。

必要に応じて、原子量、定数は下記の値を使用すること。

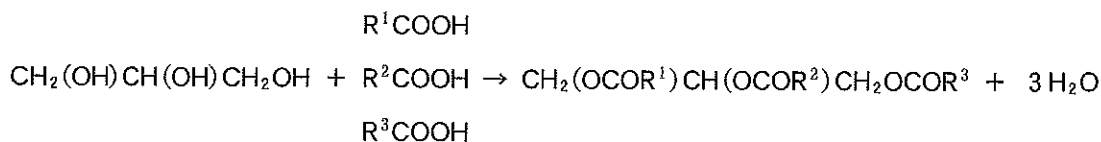
原子量 H : 1.00 C : 12.0 N : 14.0 O : 16.0 Na : 23.0 Ar : 40.0 Cu : 63.6 I : 127

気体定数 : $8.30 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$

II 次の文章を読み、以下の問に答えよ。[解答欄 ~]

以下の問では、標準状態における理想気体のモル体積を 22.4 L/mol とし計算せよ。

油脂は1分子中に3個の水酸基を持つ とカルボキシ基を持つ脂肪酸が 結合したものである。ここで鎖式炭化水素基を $R^{1\sim3}$ と簡略化し脂肪酸を $R^{1\sim3}COOH$ で表わすと、油脂のできる反応は次式で示される。



天然の油脂を構成する脂肪酸には高級脂肪酸が多いが、その種類と含有率は様々である。構成脂肪酸には、炭素間二重結合(以下 $C=C$ と略す)を持つ 脂肪酸と、 $C=C$ を持たない 脂肪酸がある。油脂の構成脂肪酸として高級 脂肪酸を多く含む場合は、常温で固体となり と呼ばれる。逆に、構成脂肪酸として、 脂肪酸を多く含む場合は、常温で液体となり と呼ばれる。

油脂を十分量の NaOH で加水分解すると脂肪酸のナトリウム塩 ($RCOONa$) と が生成する。この反応を といい、ここで生成した $RCOONa$ が である。 にニッケルを触媒として高温で水素を付加させると、常温で固体の油脂に変化する。このように変化したものを といい、 やマーガリンに使われる。ひまわり油のように $C=C$ を多く含む油脂は、空気中の酸素が $C=C$ に結合して、分子同士が酸素原子でつながった架橋構造を作る。その結果、空気中で長時間放置すると固まってくる。このような油脂を特に、 といい、塗料、絵の具や印刷用インキなどの原料に用いられる。

油脂の分子量は種類によって様々で、一般に平均分子量で表わされる。油脂の分子量の大小を比較するには、一定の質量の油脂を するのに必要な塩基の質量を比較する。油脂1分子には 結合が3つあるので、油脂1 mol を するためには、1 価の強塩基が 3 mol 必要である。

$C=C$ を持つ油脂は、付加反応を起こしやすい。たとえば、ヨウ素と反応させると $C=C$ 1 個につき 1 個のヨウ素分子が付加する。したがって、一定の質量の油脂に付加するヨウ素の質量は、油脂に含まれる $C=C$ の数を知る目安になる。

実験として、不斉炭素原子を持たないある油脂 A 25.0 g に触媒を用いて水素を付加したところ、標準状態の水素 630 mL を要して油脂 B が得られた。油脂 B は 1 種類の脂肪酸からなる油脂であった。一方、油脂 A 25.0 g を完全に したところ、0.50 mol/L NaOH 水溶液 168.9 mL を要した。

問 1 ア に適当な語句を①～⑩から1つ選べ。

- | | | |
|-------------|---------|------------|
| ① アセトン | ② アラニン | ③ グリセリン |
| ④ グリセルアルデヒド | ⑤ 酢酸メチル | ⑥ 乳酸 |
| ⑦ プロピレン | ⑧ プロパン | ⑨ 1-プロパノール |
| ⑩ 2-プロパノール | | |

問 2 イ に適当な語句を①～⑨から1つ選べ。

- | | | | |
|---------|----------|--------|--------|
| ① アミド | ② イオン | ③ エステル | ④ エーテル |
| ⑤ グリコシド | ⑥ ジスルフィド | ⑦ 水素 | ⑧ 配位 |
| ⑨ ペプチド | | | |

問 3 ウ , エ に適当な語句を①～⑦から1つずつ選べ。

- | | | | |
|------|-------|-------|-------|
| ① 活性 | ② 不活性 | ③ 規則 | ④ 不規則 |
| ⑤ 飽和 | ⑥ 不飽和 | ⑦ 過飽和 | |

問 4 オ , カ , ク ~ コ に適当な名称を①～⑨から1つずつ選べ。

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| ① 乾性油 | ② 硬化油 | ③ 合成洗剤 | ④ 脂肪 |
| ⑤ 脂肪油 | ⑥ セッケン | ⑦ 軟化油 | ⑧ 半乾性油 |
| ⑨ 不乾性油 | | | |

問 5 キ に適当な反応名を①～⑩から1つ選べ。

- | | | | |
|----------|--------|-------|-------|
| ① アセタール化 | ② 異化 | ③ 結晶化 | ④ けん化 |
| ⑤ 硬化 | ⑥ 転化 | ⑦ 同化 | ⑧ 軟化 |
| ⑨ 乳化 | ⑩ ミセル化 | | |

問 6 下線部 a に該当する脂肪酸を①～⑨からすべて選べ。

サ

- | | | |
|-----------|-----------|----------|
| ① アスコルビン酸 | ② アスパラギン酸 | ③ オレイン酸 |
| ④ グルタミン酸 | ⑤ ステアリン酸 | ⑥ パルミチン酸 |
| ⑦ フマル酸 | ⑧ リノール酸 | ⑨ リノレン酸 |

問 7 実験で用いた油脂 A の分子量はいくらか。

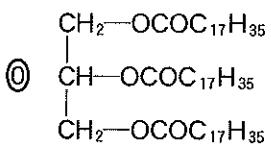
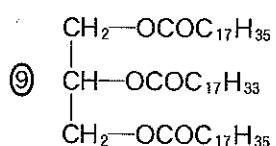
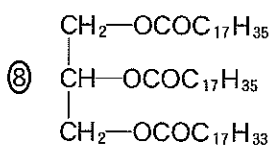
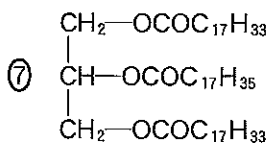
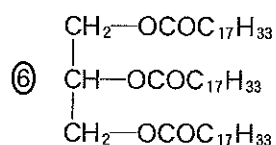
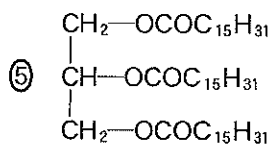
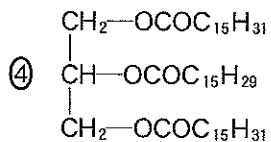
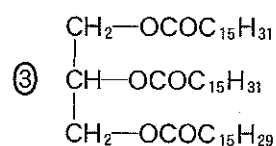
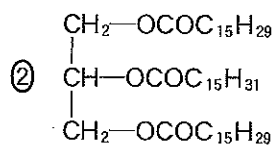
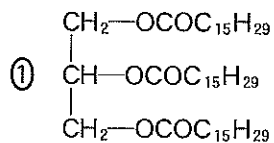
シ . ス セ × 10^ソ

問 8 油脂 A 100 g に付加するヨウ素は何 g か。

夕 . チ ツ × 10 五 g

問 9 油脂 A の構造式として適当なものを①～⑩から 1 つ選べ。

ト



2 塩化セシウム，塩化ナトリウム，硫化亜鉛（閃亜鉛鉱）の結晶の単位格子は，図2に示すような立方体である。このような陽イオンと陰イオンの割合が1:1のイオン結晶では，結晶がどの構造をとるかは，構成する陽イオンと陰イオンの半径比 R_a (= 陽イオン半径/陰イオン半径) で説明できる。塩化セシウム型構造のイオン結晶において R_a が小さくなると，陰イオン同士が接するようになり結晶は不安定になる。このときの R_a = (ア) である。(ア) よりも R_a が小さくなると配位数が減少し，結晶は塩化ナトリウム型構造をとるようになる。塩化ナトリウム型構造においても，陽イオンが小さくなると陰イオン同士が接するようになり，結晶は不安定になる。このとき R_a = (イ) である。(イ) よりも R_a が小さくなると，配位数がさらに小さくなり，結晶は閃亜鉛鉱型構造になると予想される。

以下の各問いに答えなさい。ただし， $\sqrt{2} = 1.41$ ， $\sqrt{3} = 1.73$ とし，イオン半径は表1の値を用いなさい。

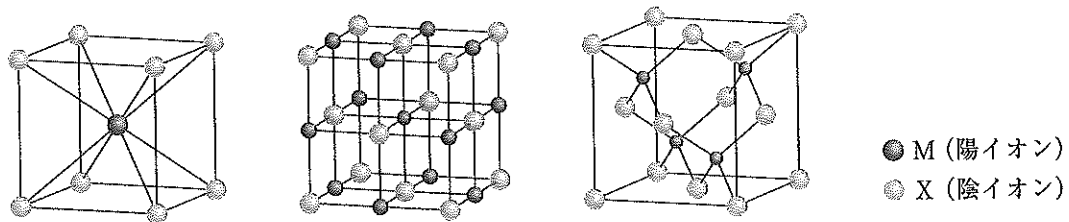


図2 塩化セシウム，塩化ナトリウム，硫化亜鉛（閃亜鉛鉱）の結晶の単位格子

表1 イオン半径

イオン	イオン半径 [cm]
セシウムイオン	1.74×10^{-8}
銅 (I) イオン	0.60×10^{-8}
塩化物イオン	1.81×10^{-8}

問1 塩化セシウムの結晶の単位格子の一辺の長さはいくらか。次の中から最も近いものを一つ選んで，解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 3.0×10^{-8} cm B. 4.1×10^{-8} cm C. 5.2×10^{-8} cm
 D. 6.2×10^{-8} cm E. 7.3×10^{-8} cm

問2 塩化ナトリウムの結晶の単位格子の一辺の長さを， 5.66×10^{-8} cm とする。塩化ナトリウムの結晶の密度はいくらか。次の中から最も近いものを一つ選んで，解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 1.1 g/cm^3 B. 1.5 g/cm^3 C. 2.1 g/cm^3
 D. 2.6 g/cm^3 E. 3.1 g/cm^3

問3 (ア)と(イ)にあてはまる数値の正しい組合せはどれか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

	(ア)	(イ)
A	1.0	0.74
B	0.92	0.68
C	0.81	0.53
D	0.73	0.41
E	0.62	0.32
F	0.53	0.23

問4 塩化銅(I)の結晶構造における銅(I)イオンの配位数はいくつと考えられるか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 8 B. 7 C. 6 D. 5 E. 4