

選択科目

(医学部)

— 2月3日 —

物理 }
化学 } この中から1科目を選択して解答しなさい。
生物 }

科目	問題のページ
物理	1～6
化学	7～16
生物	17～30

選択した科目の解答用紙をビニール袋から取り出し、解答はすべて選択した科目の解答用紙に記入して提出しなさい。

解答に必要ながあれば、次の値を用いなさい。

原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Si = 28.1, Cl = 35.5, Ca = 40.1, Ag = 107.9

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

1 ケイ素は地殻を構成する鉱物に含まれる主要な元素で、鉱物の結晶構造内でケイ素原子は酸素原子と四面体構造をつくっている。ケイ素に関する以下の各問いに答えなさい。

問1 ケイ素の単体の結晶の単位格子では、一部の原子が面心立方格子に配列され、これとは別に単位格子の内部に4つの原子が含まれている。ケイ素の単体の密度は何 g/cm^3 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、単位格子の一辺の長さは $5.40 \times 10^{-8} \text{ cm}$ である。

- A. $2.37 \text{ g}/\text{cm}^3$ B. $2.95 \text{ g}/\text{cm}^3$ C. $3.54 \text{ g}/\text{cm}^3$ D. $4.73 \text{ g}/\text{cm}^3$ E. $5.32 \text{ g}/\text{cm}^3$

問2 ケイ素およびその化合物に関する(ア)～(オ)の記述のうち正しいものはいくつあるか。A～E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) 単体は天然に存在せず、工業的には SiO_2 を電気分解して製造されている。
- (イ) 酸化物である水晶は結晶構造が安定で、塩酸やフッ化水素酸と反応しない。
- (ウ) 酸化物である水晶は結晶構造が安定で、水酸化ナトリウムや炭酸ナトリウムと反応しない。
- (エ) Na_2SiO_3 の水溶液は水ガラスとよばれ、塩基性を示す。
- (オ) ジクロロジメチルシランを重合させると耐寒性に優れた合成ゴムが得られる。

- A. 1 B. 2 C. 3 D. 4 E. 5

問3 図1に示すように輝石という鉱物の結晶では、ケイ素原子に4つの酸素原子が結合し鎖状に原子が配列している。結晶に含まれる陽イオンは、この鎖どうしの間に配列している。陽イオンが Ca^{2+} と Mg^{2+} で、これらの数が等しい場合、この輝石の組成式を解答欄に書きなさい。

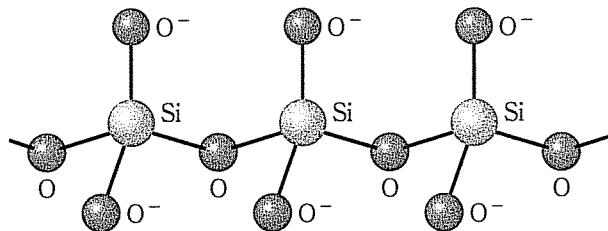


図1 輝石結晶内のケイ素原子と酸素原子の配列

化 学

問4 水ガラスに塩酸を加えると (a) が白色ゲル状の沈殿として得られる。これを水で洗い乾燥させるとシリカゲルが得られる。シリカゲルは内部に微細な空間が存在し、その表面に (b) の構造がある。そのため、シリカゲルは水分を吸着し、乾燥剤などに利用されている。空欄 (a) と (b) に当てはまる語句はどれか。次の中から最も適切な組合せを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

	(a)	(b)
A	ケイ酸	$\begin{array}{c} \quad \\ -\text{Si}-\text{O}-\text{Si}- \\ \quad \end{array}$
B	ケイ酸	$-\text{OH}$
C	ケイ酸塩	$\begin{array}{c} \quad \\ -\text{Si}-\text{O}-\text{Si}- \\ \quad \end{array}$
D	ケイ酸塩	$-\text{OH}$

2 塩素は、実験室では図2のような装置を用い、酸化マンガ(Ⅳ)に濃塩酸を加えて加熱して発生させる。生じた気体に含まれる塩素以外の成分を取り除くために、洗気瓶を通したのちに塩素を捕集する。

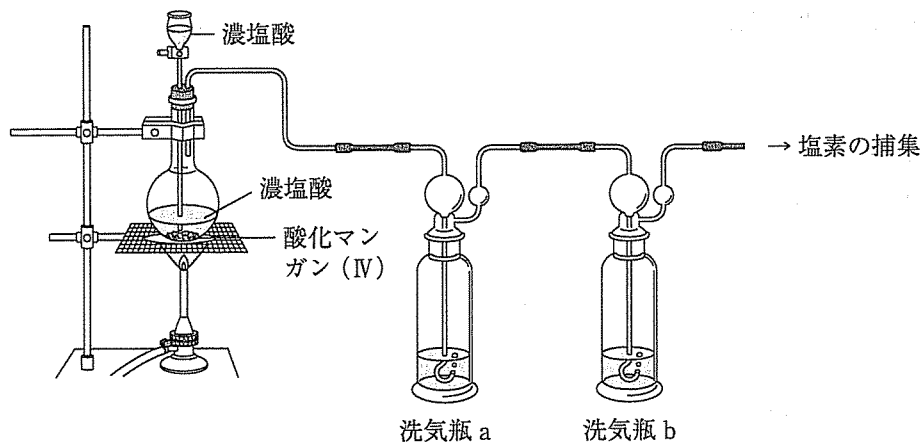


図2 塩素の発生と捕集

塩素は水に少し溶け、その一部が反応して塩化水素と弱酸の次亜塩素酸を生じる。

次亜塩素酸の塩である次亜塩素酸ナトリウムは水溶液中でほぼ完全に電離し、生じた次亜塩素酸イオンの一部が式(i)のように加水分解するため水溶液は塩基性を示す。次亜塩素酸イオンの加水分解定数 K_h は式(ii)で表される。



$$K_h = \frac{[\text{HClO}][\text{OH}^-]}{[\text{ClO}^-]} \quad \dots\dots(ii)$$

次亜塩素酸およびその塩は強い酸化作用をもち、殺菌剤や漂白剤として利用される。次亜塩素酸ナトリウムを含む漂白剤に、塩酸を含む洗剤を混ぜると有毒な塩素が生じる。以下の各問いに答えなさい。

化 学

問1 洗気瓶 a と b に入れる液体と、塩素の捕集法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。

	洗気瓶 a	洗気瓶 b	捕集法
A	水	濃硫酸	上方置換
B	水	アンモニア水	上方置換
C	濃硫酸	水	上方置換
D	アンモニア水	水	上方置換
E	水	濃硫酸	下方置換
F	水	アンモニア水	下方置換
G	濃硫酸	水	下方置換
H	アンモニア水	水	下方置換

問2 温度 25℃ における次亜塩素酸の電離定数 K_a は 3.0×10^{-8} mol/L、水のイオン積 K_w は 1.0×10^{-14} (mol/L)² である。次の (1) と (2) に答えなさい。

(1) 温度 25℃ における次亜塩素酸イオンの加水分解定数 K_h は何 mol/L 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. 3.3×10^{-3} mol/L B. 3.0×10^{-4} mol/L C. 3.3×10^{-5} mol/L
 D. 3.0×10^{-6} mol/L E. 3.3×10^{-7} mol/L F. 3.0×10^{-8} mol/L

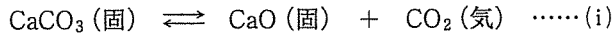
(2) 温度 25℃ における 3.0×10^{-2} mol/L の次亜塩素酸ナトリウム水溶液の pH はいくらか。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 8 B. 9 C. 10 D. 11 E. 12

問3 質量パーセント濃度が 10% の塩酸 20 g を、十分量の次亜塩素酸ナトリウム水溶液に混ぜて発生する塩素の体積は標準状態で何 L 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. 0.30 L B. 0.60 L C. 0.90 L D. 1.2 L E. 1.5 L

3 炭酸カルシウムを加熱すると、分解して酸化カルシウムと二酸化炭素を生じる。この反応は可逆反応で、その反応式は



と表される。この反応が平衡状態にあるときの、温度と二酸化炭素の圧力との関係を表したグラフを図3に示す。

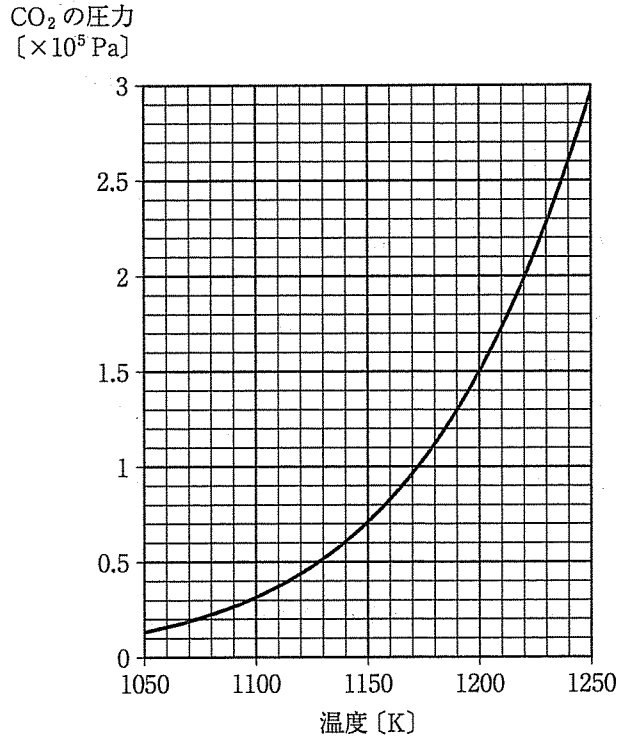


図3 炭酸カルシウムの分解反応が平衡状態にあるときの温度と二酸化炭素の圧力との関係

温度 T [K] に保たれた体積 V [L] の容器に、物質量 n_0 [mol] の炭酸カルシウムを入れたところ、その一部 n [mol] が分解して平衡状態に達した。図3を参考にして以下の各問いに答えなさい。ただし、容器内の固体試料の体積は無視してよい。

問1 式(i)の濃度平衡定数を表した式はどれか。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。

- A. $\frac{2n}{(n_0-n)V}$ B. $\frac{n^2}{(n_0-n)V}$ C. $\frac{n^2}{n_0V}$ D. $\frac{2n}{V}$ E. $\frac{n}{V}$ F. $\frac{n^2}{V}$

問2 式(i)の反応が平衡状態にあるとき、次の操作(ア)～(エ)のうち二酸化炭素の生成量を増やすものはいくつあるか。A～E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) 温度を一定にして容器の体積を大きくする。
- (イ) 容器の体積を一定にして温度を上げる。
- (ウ) 温度と容器の体積を一定にして炭酸カルシウムを加える。
- (エ) 温度と容器の体積を一定にして酸化カルシウムを加える。

A. 0 B. 1 C. 2 D. 3 E. 4

問3 体積 1.0 L の容器に炭酸カルシウム 1.5 g を入れ、温度を 1100 K に保ったところ一部が分解して平衡状態に達した。このとき二酸化炭素の圧力は 0.32×10^5 Pa であった。次の(1)と(2)に答えなさい。

(1) 分解した炭酸カルシウムは何 g 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. 0.15 g B. 0.25 g C. 0.35 g D. 0.55 g E. 0.75 g F. 0.95 g

(2) 炭酸カルシウム 1.5 g をすべて分解できる最低温度は何 K 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. 1170 K B. 1180 K C. 1190 K D. 1200 K E. 1210 K F. 1220 K

4 燃料が酸素で酸化される反応を利用して電気エネルギーを取り出す電池を燃料電池という。図4は燃料として水素を供給し、電解質として酸を利用する燃料電池の構造を示したものである。

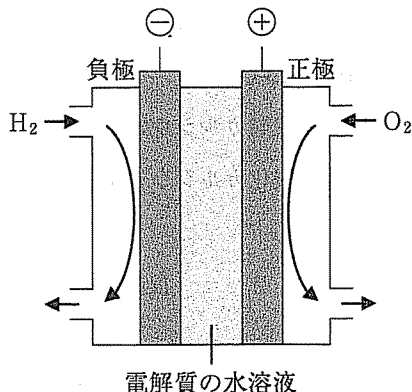


図4 水素-酸素燃料電池の構造

以下の各問いに答えなさい。

問1 放電時に正極で起こる反応の化学反応式を、電子 e^- を含む反応式で解答欄に書きなさい。

問2 電解質に用いる酸には、水素イオンが移動しやすいものとして強い酸性もしくは中程度の強さの酸性を示す物質が適している。次の物質を同じ濃度で用いた際に、最も電流を取り出しにくいと考えられるものはどれか。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. H_2SO_4 B. H_3PO_4 C. HF D. HCl E. HBr

問3 負極に水素を供給して放電し、硝酸銀水溶液を電気分解したところ、銀が21.6 g 析出した。このとき反応した水素の体積は、圧力 1.0×10^5 Pa, 温度 $25^\circ C$ で何 L 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. 1.3 L B. 2.5 L C. 5.0 L D. 10 L E. 25 L

問4 負極で用いる水素は、工業的には天然ガスに含まれるメタンと水を化学反応させて得ることができる。メタンと水が等物質量で反応するときの化学反応式を解答欄に書きなさい。

5 ベンゼンを塩化アルミニウムの存在下、クロロエタンと反応させてアルキル化したところ、アルキル基が一つ置換した化合物(ア)が得られた。化合物(ア)の反応について、以下の各問いに答えなさい。

問1 化合物(ア)を過マンガン酸カリウム水溶液で酸化し、得られた化合物に希硫酸を加えたところ、芳香族化合物(イ)が得られた。次の(i)～(v)の反応のうち、化合物(イ)が得られる反応はいくつあるか。A～E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。

- (i) サリチル酸メチルを希硫酸を用いて加水分解する。
- (ii) ナトリウムフェノキシドに二酸化炭素を加熱・加圧して反応させたのち、希硫酸を加える。
- (iii) クメンに酸素を反応させたのちに硫酸で分解する。
- (iv) ベンジルアルコールを硫酸酸性二クロム酸カリウム水溶液で十分に酸化する。
- (v) トルエンを過マンガン酸カリウム水溶液で酸化し、得られた化合物に希硫酸を加える。

A. 1 B. 2 C. 3 D. 4 E. 5

問2 化合物(ア)のアルキル基から1分子の水素を脱離させてビニル基をもつ化合物(ウ)を得た。次いで、化合物(ウ)を付加重合してポリマー(エ)を得た。次の(1)～(4)に答えなさい。

(1) ポリマー(エ)と同様に、モノマーの付加重合で得られるポリマーはどれか。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。

- A. ポリエチレンテレフタレート B. ナイロン C. ポリアセチレン
D. ポリ乳酸 E. フェノール樹脂 F. ポリビニルアルコール

(2) ポリマー(エ) 1.0 g を酢酸エチル 100 mL に溶かした溶液の浸透圧は 27°C で 1.0×10^3 Pa であった。ポリマー(エ)の重合度は平均でいくらか。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. 120 B. 160 C. 200 D. 240 E. 300

(3) ポリマー(エ)を濃硫酸でスルホン化したところ樹脂(オ)が得られた。次の文章は、樹脂(オ)の性質について述べたものである。空欄(a)と(b)に当てはまる最も適切な語句を、解答欄に漢字で書きなさい。

「この樹脂に塩の水溶液を加えると、樹脂中のスルホ基の(a)原子が(b)イオンと置き換わり、水溶液中に(a)イオンを生じる。このように(b)イオンを交換することができる樹脂を(b)イオン交換樹脂という。」

化 学

(4) 十分な量の樹脂(オ)を粉末状にしてカラムに詰め、上から水を流してよく洗浄した。この樹脂に、 1.0×10^{-4} mol/L の塩化カルシウム水溶液 10 mL を流し、その後、水を流して流出液を集め、流出液の全量を 100 mL とした。この流出液の pH 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。必要であれば、 $\log_{10} 2 = 0.30$ を用いなさい。

- A. 4.7 B. 5.0 C. 5.3 D. 7.0 E. 8.7 F. 9.0 G. 9.3

6

以下の各問いに答えなさい。

問1 温度 298 K、圧力 1.00×10^5 Pa のもとで体積 24.8 L を占めるプロパンと酸素の混合気体があり、その質量は 33.5 g であった。この混合気体に点火すると、プロパンは完全に燃焼し 278 kJ の熱が発生し、液体の水が生じた。燃焼によって生成した水の蒸気圧と気体の水への溶解は無視できるとして、次の (1) と (2) に答えなさい。

(1) 燃焼後の気体の体積は、298 K、 1.00×10^5 Pa のもとで何 L 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. 12.4 L B. 15.5 L C. 18.7 L D. 22.2 L E. 28.7 L F. 36.2 L

(2) 二酸化炭素の生成熱は 394 kJ/mol、液体の水の生成熱は 286 kJ/mol である。プロパンの生成熱は何 kJ/mol 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. 102 kJ/mol B. 132 kJ/mol C. 181 kJ/mol
D. 213 kJ/mol E. 240 kJ/mol F. 295 kJ/mol

問2 次の (ア) ~ (エ) の記述は、ある金属 X を用いておこなった実験について述べたものである。金属 X は何か。A ~ E 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) 常温の水に加えたが溶けなかった。
(イ) 塩酸に加えると気体を発生して溶けた。
(ウ) 濃硝酸に加えたが溶けなかった。
(エ) 水酸化ナトリウム水溶液に加えたが溶けなかった。

- A. カルシウム B. 鉄 C. 銅 D. スズ E. 鉛

問3 あるコロイド粒子を水に分散して電気泳動したところ、コロイド粒子は陽極側に移動した。このコロイド粒子を最も凝析させやすい物質はどれか。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。

- A. 塩化ナトリウム B. 塩化カルシウム C. 硝酸アルミニウム
D. 硫酸ナトリウム E. ヨウ化カリウム