

【I】 次の [1] ~ [8] の問に答えよ。答は各問の (A) ~ (E) の中から選べ。

[1] エタノールを濃硫酸の存在下で加熱すると、約 130~140℃で化合物 **a** が、約 170℃では化合物 **b** が生じる。**a** と **b** の組み合わせ (**a** - **b**) として正しいものはどれか。

- (A) エタン - エチレン (B) エタン - ジエチルエーテル (C) エチレン - ジエチルエーテル  
(D) ジエチルエーテル - エタン (E) ジエチルエーテル - エチレン

[2] エタノールはアルカリ性水溶液中でヨウ素と反応して、特異なおいをもつ黄色沈殿を生じる。ヨウ素と反応して同じ黄色沈殿を生じる化合物の組み合わせはどれか。

- (A) エチルメチルエーテル, アセトアルデヒド (B) 2-プロパノール, アセトン (C) 2-プロパノール, エチルメチルエーテル  
(D) メタノール, アセトアルデヒド (E) メタノール, アセトン

[3] 酸化すると分子式  $C_5H_{10}O_2$  のカルボン酸となるアルコールのうち、光学異性体が存在しないものはいくつか。

- (A) 1 (B) 2 (C) 3 (D) 4 (E) 5

[4] 分子式  $C_4H_8O_2$  のエステル **a** を加水分解して得られたカルボン酸は還元性を示さなかった。一方、この加水分解で生じたアルコールを酸化して得られたカルボン酸は還元性を示した。エステル **a** はどれか。

- (A) ギ酸メチル (B) 酢酸メチル (C) プロピオン酸メチル (D) ギ酸エチル (E) 酢酸エチル

[5] 1-プロパノール 1.80 g がナトリウムと完全に反応するとき生じる水素の体積は、標準状態で何 ml か。

- (A) 168 (B) 273 (C) 336 (D) 438 (E) 672

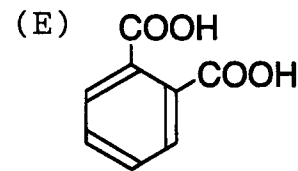
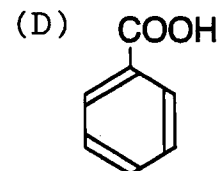
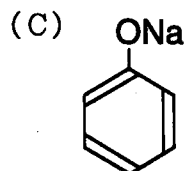
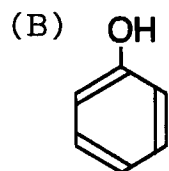
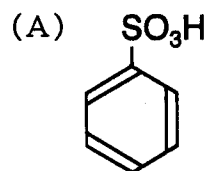
[6] グルコースが酵母中の酵素群によって分解されるとエタノールが生じ、この過程をアルコール発酵という。グルコース 360 g が完全に発酵するとき生じるエタノールは何 g か。

- (A) 92.0 (B) 138 (C) 184 (D) 276 (E) 360

[7] 開環重合によって合成される高分子化合物はどれか。

- (A) ビニロン (B) 6-ナイロン (ナイロン 6) (C) メラミン樹脂  
(D) ブタジエンゴム (E) ポリエチレンテレフタレート (ポリエチレンテレフタレート)

[8] 次の芳香族化合物のうち、強酸はどれか。



【II】 次の [1] ~ [3] の間に答えよ。答は各問の (A) ~ (F) または (A) ~ (H) の中から選べ。

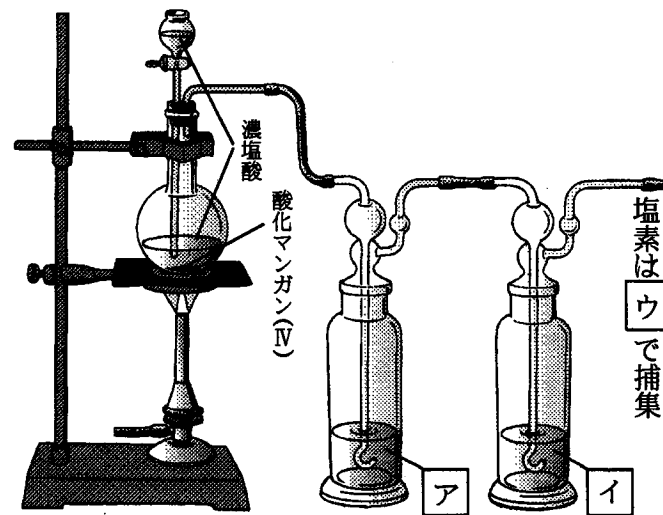
[1] 塩素の発生に関する (1), (2) の間に答えよ。

(1) 右図の実験装置で、不純物を含まない塩素を得た。実験装置図のア, イ, ウに当てはまるものが順に並んでいるものはどれか。

- (A) 水 — 濃硫酸 — 上方置換      (B) 水 — 濃硫酸 — 下方置換  
(C) 水 — 濃硫酸 — 水上置換      (D) 濃硫酸 — 水 — 上方置換  
(E) 濃硫酸 — 水 — 下方置換      (F) 濃硫酸 — 水 — 水上置換

(2) 酸化マンガン(IV) 8.69g に濃塩酸を加えて塩素を発生させた。酸化マンガン(IV) が完全に反応すると、発生する塩素の質量は ( a ) g である。このとき、マンガン原子の酸化数は ( b )。a, b に当てはまるものが順に並んでいるものはどれか。

- (A) 7.10 — 減少する      (B) 7.10 — 変わらない  
(C) 7.10 — 増加する      (D) 14.2 — 減少する  
(E) 14.2 — 変わらない      (F) 14.2 — 増加する



[2] カルシウムの化合物に関する (1), (2) の間に答えよ。

(1) 単体のカルシウムを用意し、次の操作 a~d を順に行った。物質あるいは沈殿ア, イ, ウ, エに当てはまるものが順に並んでいるものはどれか。 11

- a. ビーカーに水を入れカルシウムを加えると、気体を発生しながら溶けて物質アの無色透明の溶液になった。
- b. この溶液に二酸化炭素を通じると、白色沈殿イが生成した。
- c. さらに二酸化炭素を通じると、沈殿イが溶けて物質ウの無色透明の溶液になった。
- d. この溶液を加熱すると、気体が発生して白色沈殿エが生成した。

- |  |   |
|--|---|
| (A) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 - \text{Ca}(\text{OH})_2 - \text{CaCO}_3 - \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ | (B) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 - \text{Ca}(\text{OH})_2 - \text{CaCO}_3 - \text{Ca}(\text{OH})_2$ |
| (C) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 - \text{CaCO}_3 - \text{Ca}(\text{OH})_2 - \text{CaCO}_3$             | (D) $\text{Ca}(\text{OH})_2 - \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 - \text{CaCO}_3 - \text{Ca}(\text{OH})_2$ |
| (E) $\text{Ca}(\text{OH})_2 - \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 - \text{CaCO}_3 - \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ | (F) $\text{Ca}(\text{OH})_2 - \text{CaCO}_3 - \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 - \text{CaCO}_3$          |
| (G) $\text{CaCO}_3 - \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 - \text{Ca}(\text{OH})_2 - \text{CaCO}_3$             | (H) $\text{CaCO}_3 - \text{Ca}(\text{OH})_2 - \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 - \text{Ca}(\text{OH})_2$ |

(2) セッコウ (硫酸カルシウム二水和物) 516.6 g を  $120^\circ\text{C}$  で加熱したところ、一部が焼きセッコウに変化し、462.6 g となった。セッコウの何%が焼きセッコウに変わったか。ただし、この 462.6 g 中には、セッコウと焼きセッコウのみが存在するものとせよ。 12

- (A) 10.5      (B) 15.7      (C) 33.3      (D) 66.7      (E) 84.3      (F) 89.5

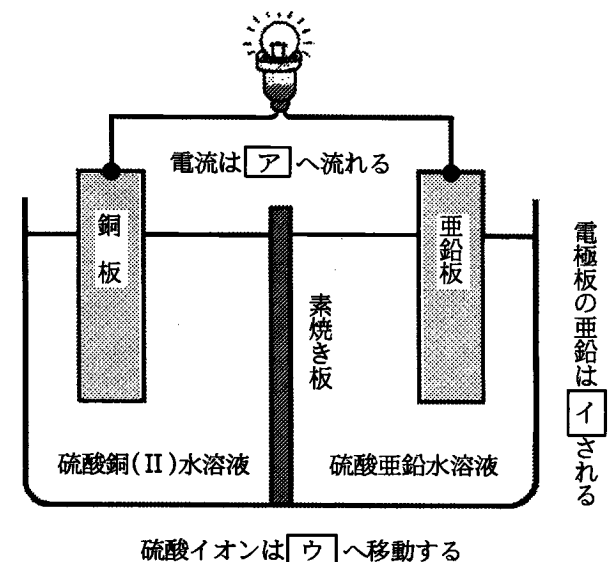
[3] 銅と亜鉛に関する (1), (2) の間に答えよ。

(1) 右図のように、銅板を浸した濃い硫酸銅(II)水溶液と亜鉛板を浸したうすい硫酸亜鉛水溶液とを素焼き板で仕切るとダニエル電池ができる。図のア, イ, ウに当てはまるものが順に並んでいるものはどれか。 13

- |                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| (A) 左から右 — 還元 — 左から右 | (B) 左から右 — 還元 — 右から左 |
| (C) 左から右 — 酸化 — 左から右 | (D) 左から右 — 酸化 — 右から左 |
| (E) 右から左 — 還元 — 左から右 | (F) 右から左 — 還元 — 右から左 |
| (G) 右から左 — 酸化 — 左から右 | (H) 右から左 — 酸化 — 右から左 |

(2) 銅(II)イオンも亜鉛イオンも少量のアンモニア水を加えると、水酸化物となり沈殿ができる。さらに過剰量のアンモニア水を加えると、錯イオンとなり沈殿は溶ける。このとき、銅(II)イオンには (a) 個の配位子が結合し、その錯イオンの形は (b) である。また、亜鉛イオンには (c) 個の配位子が結合し、その錯イオンの形は (d) である。a~d に当てはまるものが順に並んでいるものはどれか。 14

- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| (A) 2 — 直線形 — 2 — 直線形  | (B) 2 — 直線形 — 4 — 正方形  |
| (C) 2 — 直線形 — 4 — 正四面体 | (D) 4 — 正方形 — 2 — 直線形  |
| (E) 4 — 正四面体 — 2 — 直線形 | (F) 4 — 正方形 — 4 — 正方形  |
| (G) 4 — 正方形 — 4 — 正四面体 | (H) 4 — 正四面体 — 4 — 正方形 |



【Ⅲ】 次の [1] ~ [3] の間に答えよ。答は各問の (A) ~ (F) の中から選べ。ただし、気体は理想気体とみなし、温度変化によって容器の容積は変わらないものとする。また、容器をつなぐコック部分の容積は無視せよ。

[1] 容積3.0lの容器Aと容積2.0lの容器Bがコックでつないである。各容器を真空にした後、酸素を、容器Aには27℃で2.0 atmになるように入れ、容器Bには87℃で6.0 atmになるように入れた。コックを開け、温度を57℃に保つと、容器内の圧力は何atmになるか。

(A) 3.2                      (B) 3.5                      (C) 3.8                      (D) 5.3                      (E) 5.9                      (F) 8.8

[2] 容積2.0lの容器Cと容積2.0lの容器Dがコックでつないである。各容器を真空にした後、容器Cには二酸化炭素13.2g、容器Dには1.0lの水(液体)を入れた。コックを開け、27℃で十分時間をかけて容器内の平衡を達成させると、水に溶けている二酸化炭素の物質は何molか。二酸化炭素の溶解に伴い、二酸化炭素分圧が変化することに注意せよ。ただし、二酸化炭素の水への溶解はヘンリーの法則に従うものとし、二酸化炭素は27℃、1 atmにおいて、水1lに対して $3.2 \times 10^{-2}$  mol 溶けるものとする。また、水の蒸発などに伴う液量変化は無視できるものとする。

(A)  $3.2 \times 10^{-2}$       (B)  $4.9 \times 10^{-2}$       (C)  $5.9 \times 10^{-2}$       (D)  $6.2 \times 10^{-2}$       (E)  $7.9 \times 10^{-2}$       (F)  $8.5 \times 10^{-2}$

[3] 容積が自由に変えられる容器Eがある。容積を8.2lにした容器Eに、水0.10 molとジエチルエーテル0.20 molを入れ、100℃で液体がすべて蒸発するまで静置した。次の(1)、(2)の間に答えよ。ただし、水とジエチルエーテルの飽和蒸気圧は30℃でそれぞれ0.042 atmと0.85 atm、100℃で1.0 atmと6.4 atmである。また、水とジエチルエーテルはまったく溶けあわないものとする。

(1) 温度を100℃に保ったまま、容積を0.82lにすると、容器内の圧力は何atmになるか。

(A) 3.7                      (B) 6.4                      (C) 7.4                      (D) 8.5                      (E) 10                      (F) 11

(2) 容積を8.2lに保ったまま、温度を30℃にすると、容器内の圧力は何atmになるか。

(A) 0.042                      (B) 0.65                      (C) 0.85                      (D) 0.89                      (E) 0.91                      (F) 1.2

【IV】次の[1]～[4]の各問に答えよ。答は各問にある(A)から始まる選択肢の中から選べ。

[1] 次の文中の空欄 ( a ) ～ ( d ) に当てはまる数値が順に並んでいるものはどれか。 19

原子1個の質量はきわめて小さいので、質量をグラム単位で表すと取り扱いが不便である。そこで、実際の質量が ( a ) gである<sup>12</sup>C原子の質量を12という基準の値とし、その他の原子の質量を相対質量として表すことにしている。また、<sup>12</sup>C原子の ( b ) gに含まれる原子の数、すなわち  $6.02 \times 10^{23}$ 、と同数の粒子(原子、分子、イオンなど)の集団を1 molとし、molを単位として物質を表している。気体の場合、1 molの占める体積は、その種類によらず標準状態において有効数字3桁の範囲で同じ22.4 lである。これらのことから、たとえば、標準状態で1.0 lの塩素は ( c ) molに相当し、それに含まれる塩素原子の数は ( d ) 個である、と求めることができる。

- (A)  $1.99 \times 10^{-23}$ , 12,  $2.2 \times 10^{-2}$ ,  $5.4 \times 10^{22}$       (B)  $1.99 \times 10^{-23}$ , 12,  $4.5 \times 10^{-2}$ ,  $5.4 \times 10^{22}$   
 (C)  $1.99 \times 10^{-23}$ , 12,  $4.5 \times 10^{-2}$ ,  $2.7 \times 10^{22}$       (D)  $1.66 \times 10^{-24}$ , 1,  $2.2 \times 10^{-2}$ ,  $2.7 \times 10^{22}$   
 (E)  $1.66 \times 10^{-24}$ , 1,  $4.5 \times 10^{-2}$ ,  $2.7 \times 10^{22}$       (F)  $1.66 \times 10^{-24}$ , 1,  $4.5 \times 10^{-2}$ ,  $5.4 \times 10^{22}$

[2] 次の(1)～(3)のような誤りをおかしたまま実験を行った場合、その結果起こると予想されることをそれぞれa～dの中からすべて選べ。

(1) 不純物を含む粗銅を陽極、純銅板を陰極として、硫酸銅(II)水溶液中で銅の電解精錬を行うとき、硫酸銅(II)水溶液ではなく硝酸銀水溶液を用いてしまった。 20

- a. 陽極の粗銅から銅が陽極の下に落ちてたまる。  
 b. 陽極の粗銅が溶解しない。  
 c. 陰極の銅板では銅の溶解も銀の析出も起こらない。  
 d. 陰極の銅板に銀が析出する。

(A) a (B) b (C) c (D) d (E) a, b (F) a, c (G) a, d (H) b, c (I) b, d

(2) 水を分散媒とする水酸化鉄(III)コロイド溶液をセロハンの袋に入れ、大きなビーカーに満たした多量の水に対して透析を行うとき、水ではなく硫酸アンモニウムの飽和水溶液を用いてしまった。 21

- a. 袋の外側に向かって水分子が移動するため、袋の内側のコロイド溶液の体積が減少する。  
 b. 袋の内側に向かって水分子が移動するため、袋の内側のコロイド溶液の体積が増加する。  
 c. 袋の内側に向かって水分子が移動するため、袋の外側の溶液中に硫酸アンモニウムが析出する。  
 d. 袋の内側に向かってアンモニウムイオンと硫酸イオンが移動するため、袋の内側で凝析が起こる。

(A) a (B) b (C) c (D) d (E) a, d (F) b, c (G) b, d (H) c, d

(3) 濃度が約0.1 mol/lの酢酸水溶液 10.0 ml を0.100 mol/lの水酸化ナトリウム水溶液中で中和滴定するとき、フェノールフタレインではなくメチルオレンジを指示薬として用いてしまった。 22

- a. 水酸化ナトリウム水溶液をどれだけ加えても変色しない。  
 b. 水酸化ナトリウム水溶液を10mlよりずっと多量加えたところで変色する。  
 c. 水酸化ナトリウム水溶液を約10ml加えたところで変色する。  
 d. 水酸化ナトリウム水溶液を10mlよりずっと少ない量加えたところで変色する。

(A) a (B) b (C) c (D) d

[3] 水溶液のpHに関する次の問に答えよ。必要があれば右の〔 〕内の値を用いよ。〔 $\log 1.6 = 0.20$ ,  $\log 5.2 = 0.72$ 〕

(1) 1.0 mol/lの酢酸水溶液を水で10倍ずつ順に希釈し0.10 mol/l, 0.010 mol/lの酢酸水溶液にしていくと、pHはどのように変化していくか。ただし、25℃における酢酸の電離度は、1.0 mol/lのとき0.0052, 0.10 mol/lのとき0.016, 0.010 mol/lのとき0.052であるとせよ。 23

- (A) 2.3 → 2.3 → 2.3      (B) 3.3 → 3.3 → 3.3      (C) 2.3 → 2.8 → 3.3  
 (D) 3.3 → 3.8 → 4.3      (E) 2.3 → 3.3 → 4.3      (F) 3.3 → 4.3 → 5.3

(2)  $1 \times 10^{-5}$  mol/lの塩酸を水で1000倍に希釈した溶液のpHはどれくらいか。 24

- (A) ちょうど8である。      (B) 8に近いが8よりは小さい。      (C) 8に近いが8よりは大きい。  
 (D) 7と8のほぼ中間の値である。      (E) 7に近いが7よりは小さい。      (F) 7に近いが7よりは大きい。

[4] 高分子に関する次の記述のうちから正しいものをすべて選べ。 25

- a. 石英の主成分である二酸化ケイ素は、O原子とSi原子が交互に結合した三次元網目構造を形成しており、一種の高分子化合物である。  
 b. 天然ゴムに30～40%の硫黄を加えて加熱すると分子間に架橋が起こって弾性を失い、エボナイトとよばれる硬い物質が得られる。  
 c. アミロースはらせん状の構造をとるので水に溶けにくいですが、セルロースは直線状の分子なので水に溶けやすい。  
 d. 尿素とホルムアルデヒドとを縮合重合させると網目状の分子が形成され、これを加熱すると分子間に架橋が起こり熱可塑性樹脂になる。

(A) a, b      (B) a, c      (C) a, d      (D) b, c      (E) b, d      (F) c, d  
 (G) a, b, c      (H) a, b, d      (I) a, c, d      (J) b, c, d

【V】 次の [1] , [2] の問に答えよ。答は各問の (A) ~ (J) の中から選べ。

[1] 反応の速さおよび化学平衡に関する (1) ~ (3) の問に答えよ。

(1) 反応の速さに関する次の記述のうちから正しいものをすべて選べ。 26

- a. 反応の速さは、単位時間当たりの反応物の濃度の減少量で表すことができる。
- b. 反応の速さは、反応物の濃度によって変化することはない。
- c. 反応速度定数は、触媒の種類や量によって変化する。
- d. 反応速度定数は、反応の種類や温度によって変化することはない。

- (A) a                      (B) b                      (C) c                      (D) d                      (E) a, b  
 (F) a, c                    (G) a, d                    (H) b, c                    (I) b, d                    (J) c, d

(2) 容積 200 l の真空の容器に、一酸化炭素 8.0 mol と水素 24.0 mol を入れ、温度を一定に保ちながら

$a\text{CO}(\text{気}) + b\text{H}_2(\text{気}) \rightleftharpoons c\text{CH}_4(\text{気}) + d\text{H}_2\text{O}(\text{気})$  の反応 ( $a, b, c$  および  $d$  は係数) を進行させた。反応が平衡状態になったとき、メタンは 6.0 mol 生成していた。このとき容器中の水素の濃度は何 mol / l か。 27

- (A)  $3.0 \times 10^{-2}$               (B)  $6.0 \times 10^{-2}$               (C)  $9.0 \times 10^{-2}$               (D)  $3.0 \times 10^{-1}$               (E)  $6.0 \times 10^{-1}$   
 (F)  $9.0 \times 10^{-1}$               (G) 3.0                          (H) 6.0                          (I) 9.0                          (J) 18.0

(3) 前問 (2) において生成したメタンの物質量を X mol とすると、この反応の平衡定数  $[(\text{mol} / \text{l})^{-2}]$  を与える式として正しいものはどれか。 28

- (A)  $\frac{27(8.0 - X)^4}{(200X)^2}$               (B)  $\frac{27(8.0 - X)^4}{(100X)^2}$               (C)  $\frac{X^2}{3(8.0 - X)^4}$               (D)  $\frac{X^2}{9(8.0 - X)^4}$               (E)  $\frac{X^2}{27(8.0 - X)^4}$   
 (F)  $\frac{(50X)^2}{27(8.0 - X)^4}$               (G)  $\frac{(100X)^2}{27(8.0 - X)^4}$               (H)  $\frac{(200X)^2}{27(8.0 - X)^4}$               (I)  $\frac{(400X)^2}{27(8.0 - X)^4}$               (J)  $\frac{(800X)^2}{27(8.0 - X)^4}$

[2] 反応熱に関する (1) , (2) の問に答えよ。

(1) 反応熱に関する次の記述のうちから誤っているものをすべて選べ。 29

- a. 反応熱は、温度や圧力によって変化するため、熱化学方程式では一般に 25℃, 1 atm における値が示される。
- b. 生成熱は、化合物 1 mol がその成分元素の単体から生成するときの反応熱である。
- c. 燃焼熱は、物質が完全燃焼して 1 mol の水が生成するときの反応熱である。
- d. 中和熱は、化合物が酸化還元反応を起こし 1 mol の水が生成するときの反応熱である。

- (A) a                      (B) b                      (C) c                      (D) d                      (E) a, b  
 (F) a, c                    (G) a, d                    (H) b, c                    (I) b, d                    (J) c, d

(2) 黒鉛の昇華の熱化学方程式は  $\text{C}(\text{固}) = \text{C}(\text{気}) - 718 \text{ kJ}$  , 水素分子の解離の熱化学方程式は  $\text{H}_2(\text{気}) = 2\text{H}(\text{気}) - 436 \text{ kJ}$  である。

また、C-H の結合エネルギーは 416 kJ/mol である。これらから計算されるメタンの生成熱は何 kJ/mol か。 30

- (A) 71                      (B) 74                      (C) 78                      (D) 83                      (E) 87  
 (F) 890                    (G) 894                    (H) 898                    (I) 902                    (J) 906