

令和5年度学力検査問題

工学部・後期日程

化 学

ページ	解答用紙枚数
1 ~ 10	2 枚

解答時間 120 分

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
2. 本冊子のページ数は上記のとおりである。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがある場合は申し出ること。
3. 解答はすべて別紙解答用紙のそれぞれの指定の解答欄に記入すること。
4. 解答用紙2枚の指定された欄(計4箇所)に、忘れずに本学の受験番号を記入すること。
5. この問題冊子は試験終了後持ち帰ること。

〔注意〕 必要があれば、次の値を使うこと。

原子量：H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0,

S = 32.1, K = 39.1

気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

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

1 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

炭酸水は、水に二酸化炭素を溶かした溶液である。水に対する気体の溶解度^(a)は、気体の種類によって異なる。また、同じ気体でも温度によって異なり、一般に気体の溶解度は、温度が ほど小さくなる。これは温度が ほど気体分子の が激しくなり、水分子との を振り切って、空気中に飛び出しやすくなるためである。一方、温度を一定にして圧力を すると、溶解度は大きくなる。つまり、「一定量の液体に溶ける気体の質量は、温度一定のとき、その気体の圧力(混合気体の場合はそれぞれの気体の)に比例する」。これを の法則といい、液体への溶解度があまり なく、液体と反応しない気体で、圧力が比較的 ときに成り立つ。したがって、水への溶解度が いアンモニアなどには成り立たない。^(b)

問 1 ~ に入る適切な語句を記入せよ。

問 2 下線部(a)について、二酸化炭素を、 0°C の水 500 mL に溶かしたところ、 $1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$ で 2.3 g 溶けた。この溶液を温度一定のまま、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ にすると、標準状態で何 mL の二酸化炭素が放出されるか、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、この条件においては、二酸化炭素の水に対する溶解度は の法則に従うものとする。

問 3 下線部(b)について、実験室において、アンモニアは、塩化アンモニウム NH_4Cl と水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を混合して、加熱することで得られる。

- (1) この反応の化学反応式を示せ。
- (2) 発生したアンモニアの捕集方法の名称を答えよ。
- (3) 質量パーセント濃度が 28 % のアンモニア水の密度は、 15°C のとき、 0.90 g/cm^3 である。このアンモニア水のモル濃度を整数で求めよ。

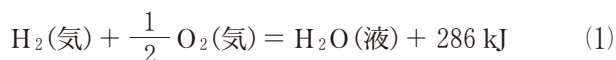
問 4 下の表は、水に対する窒素と酸素の溶解度を示したもので、それぞれの値は $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で、水 1 L に溶ける体積を標準状態に換算した値である。いま、 $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で空気が接している 0°C の水がある。この水が 60°C で、ある圧力の空気と接したときに、溶解している気体が放出されないようにするためには、圧力が何 Pa 以上であればよいか、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、空気は窒素と酸素のみで構成され、それぞれを体積の比 4 : 1 で混合した気体とする。

表

温 度	0°C	60°C
窒 素	23 mL	10 mL
酸 素	49 mL	20 mL

2 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

水素と酸素の反応を利用して電気エネルギーに変換する電池を (ア) 電池という。水素の燃焼反応の熱化学方程式は



である。(ア) 電池で取り出すことのできる電気エネルギーが、式(1)の反応熱と等しいと仮定すると、1Vの起電力で1Cの電気量を取り出すときのエネルギーが1Jであることから、この電池の起電力は (イ) Vと計算できる。実際に得られる起電力はこの値よりも小さくなる。以下、簡易な (ア) 電池を作る実験を行った。

[実験1] 希塩酸の入ったビーカーに、適量の塩化パラジウム(PdCl₂)を加えて、水溶液を調製した。そこへニッケル(Ni)の金網2枚を浸して、しばらくかき混ぜたところ、褐色の水溶液がほぼ無色透明になった(この化学処理は、ブリキやトタンを製造するときの化学処理と同じで、(ウ)と呼ばれるものである)。その後、2枚の金網を取り出して筒状に丸めて、[実験2]と[実験3]で使用する電極とした。この電極は、[実験3]の電池の(エ)に関わる反応の速度を促進するための(オ)として働く。

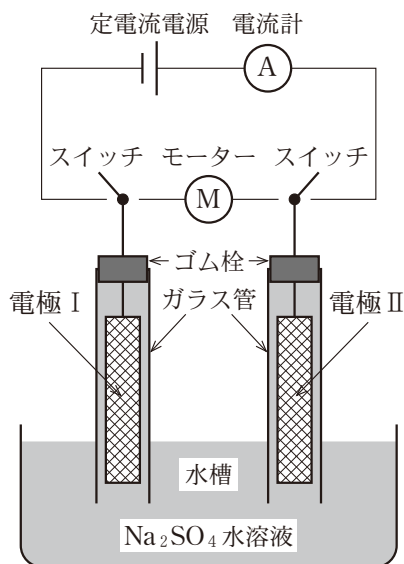


図1 実験装置の概略図

[実験2] 同じ形状のガラス管とゴム栓、および[実験1]で作成した電極、それぞれ2組を使って、図1のような装置をつくり、約10%の硫酸ナトリウム(Na₂SO₄)水溶液を入れた水槽中で両方のガラス管内に空気が入ら

ないようにして保持した。次に図1に示す定電流電源側へスイッチを倒し、この装置に直流電流0.10 Aを 9.65×10^2 秒間流して(すなわち(カ) molの電子を流して)電気分解したところ、両電極から気体が発生したので、各ガラス管上部に捕集した。

[実験3] [実験2]の終了後、スイッチを切り、今度は図1に示すモーター側にスイッチを倒した。するとモーターが回りはじめ、電池の(エ)が確認できた。このとき、電極Iは(キ)極として、電極IIは(ク)極として働く。

問1 本文中の(ア)～(ク)に適切な語句・数値を記入せよ。ただし、数値は有効数字2桁で求めよ。

問2 下線部(a)に関して、「イオン化傾向」・「酸化」・「溶出」・「電子」・「還元」・「析出」の言葉を必ず使って、起こった反応について簡潔に述べよ。

問3 下線部(b)に関して、硫酸ナトリウム水溶液を用いた理由を簡潔に述べよ。

問4 下線部(c)に関して、定電流電源ではなく定電圧電源を用いて、電極間に一定の電圧をかけたが、ある電圧以下では、まったく気体が発生しなかった。この理由について簡潔に述べよ。また、気体発生のための電圧の下限値は何Vであるか答えよ。

問5 下線部(d)に関して、図1の電極Iと電極IIの表面上で起こる反応を、 e^- を含むイオン反応式でそれぞれ示せ。

問6 下線部(e)に関して、電気分解反応を通じて両電極で発生した気体の体積の総和が、 27°C で何Lになるか有効数字2桁で求めよ。ただし、両ガラス管中の気体部分にはいずれも $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ の圧力がかかっているものとする。また、電気分解反応で発生した気体は水溶液に溶けないものとする。

3 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

成人のタンパク質を構成する20種類の α -アミノ酸のうち、ヒトの体内で合成されない、あるいは合成されにくいいくつかの α -アミノ酸は、外部より摂取する必要がある。 α -アミノ酸には1つの α -アミノ酸を除いて光学異性体が存在し、すべての α -アミノ酸は水溶液中では電離した構造をとっている。

以下にタンパク質を構成する20種類の α -アミノ酸の名称を示してある。

- | | | |
|-------------|-------------|-------------|
| 1. グリシン | 2. アラニン | 3. フェニルアラニン |
| 4. システイン | 5. セリン | 6. リシン |
| 7. メチオニン | 8. チロシン | 9. グルタミン酸 |
| 10. トレオニン | 11. バリン | 12. ロイシン |
| 13. ヒスチジン | 14. トリプトファン | 15. イソロイシン |
| 16. プロリン | 17. アスパラギン | 18. グルタミン |
| 19. アスパラギン酸 | 20. アルギニン | |

問1 下線部(a)のアミノ酸を何というか答えよ。

問2 下線部(a)のアミノ酸を番号1～20の中から9つ選び、番号で答えよ。

問3 下線部(b)の性質は不斉炭素原子をもつことで生じる。不斉炭素原子をもたないアミノ酸を番号1～20の中から1つ選び、番号で答えよ。

問4 上記の20種類のアミノ酸1つずつで構成されているペプチドAを酵素Xで加水分解すると2種類のペプチドBとペプチドCが得られた。ペプチドBに含まれるアミノ酸の数は16で、ペプチドCに含まれるアミノ酸の数は4であった。それぞれの溶液に水酸化ナトリウムを加えて加熱後、酢酸鉛(II)水溶液を加えると、ペプチドBのみに黒色沈殿が生じた。ペプチドBで反応したアミノ酸を番号1～20の中から2つ選び、番号で答えよ。

問 5 問 4 のペプチド C に濃硝酸を加えて加熱すると黄色，冷却後にアルカリ溶液を加えると橙黄色になった。ペプチド C に含まれている可能性のあるアミノ酸を番号 1 ～ 20 の中から 1 つ選び，番号で答えよ。

問 6 問 4 のペプチド C に含まれるアミノ酸の種類がすべて確定した場合，ペプチド C に含まれるアミノ酸の配列の組み合わせは何通りあるか，以下の (ア)～(エ)の中から選んで答えよ。

(ア) 4 通り (イ) 8 通り (ウ) 12 通り (エ) 24 通り

4 次の文章を読み、問 1～問 7 に答えよ。

カルボン酸は、分子中のカルボキシ基の数により、1 価カルボン酸や 2 価カルボン酸などに分類される。酢酸は、エタノールとの縮合によって、エステルを生成する。酢酸カルシウムは、乾留によって、化合物 A を生成する。

分子式 $C_4H_4O_4$ の 2 価カルボン酸として、化合物 B と C と D の 3 つの異性体が考えられる。化合物 B と C は、互いに立体異性体である。化合物 B を加熱すると、容易に水 1 分子を失って化合物 E が生成する。化合物 E を、触媒存在下、水素を付加すると、化合物 F が生成する。

油脂は、カルボン酸とグリセリンのエステルである。常温で液体の油脂には、あまに油のように、空気中に放置すると酸化されて固化する油脂がある。また、油脂に水酸化ナトリウムを加えて加熱すると、セッケンが生じる。セッケンを一定濃度以上で水に溶かすと、それらのイオンが多数集合したコロイド粒子をつくる。セッケンが繊維に付着した油汚れに触れると、このコロイド粒子内に油状物質が取り込まれて、微粒子となって水中に分散する。

問 1 化合物 A, B, C の名称を答えよ。

問 2 化合物 A から F の構造式を記せ。

問 3 化合物 B と化合物 D の異性体の関係を何というか答えよ。

問 4 カルボン酸は、同程度の分子量をもつアルコールよりも沸点が高い。その理由を述べよ。

問 5 下線部(a)のような油脂の名称を答えよ。

問 6 下線部(b)のコロイド粒子を，特に何というか答えよ。

問 7 下線部(c)のような作用を，何というか答えよ。

5 次の文章を読み、問1～問3に答えよ。

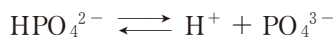
単体のリンは天然に存在せず、(ア)を含む鉱石にけい砂とコークスを混ぜて強熱すると黄リンが得られる。黄リンはろう状の淡黄色の固体で、反応性に富み、空気中では自然発火するため(イ)中で保存する。さらに、リンの同素体には赤褐色の粉末である赤リンもある。赤リンは、多数のリン原子が(ウ)した複雑な構造をしている。黄リンに比べ反応性に乏しい。空気中でリンを燃焼させると(エ)を生成する。(エ)を水に溶解し加熱すると、弱酸であるリン酸を生成する。リン酸は水によく溶け、その水溶液は次のように三段階に電離する。



$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{H}_3\text{PO}_4]} = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$



$$K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} = 7.5 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$$

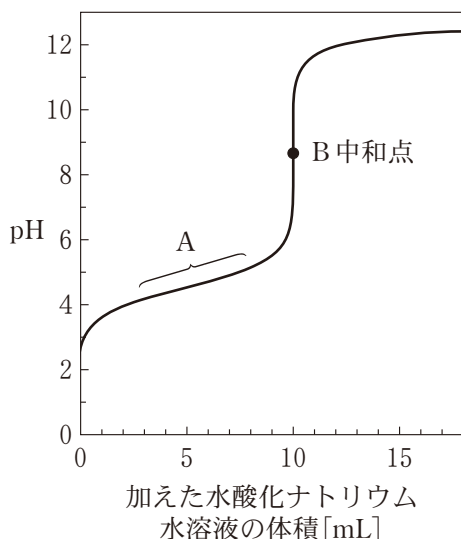


$$K_3 = \frac{[\text{H}^+][\text{PO}_4^{3-}]}{[\text{HPO}_4^{2-}]} = 4.8 \times 10^{-13} \text{ mol/L}$$

ここで、 K_1 、 K_2 、 K_3 は各段階における25℃での電離定数である。 K_1 が^(b) K_2 、 K_3 と比べ非常に大きいため、リン酸水溶液中の水素イオン濃度は、一段階目の電離のみを考えればよい。

問 1 ~ に適切な化合物名・語句を記入せよ。

問 2 下線部(a)に関連して、弱酸の一つである酢酸について、以下の問いに答えよ。



- (1) 工業的に酢酸は何を酸化して合成されているか。化合物名を答えよ。
- (2) 酢酸を と加熱すると何になるか。化学式を記入せよ。
- (3) 0.10 mol/L の酢酸水溶液 10 mL を 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、左図に示す滴定曲線が得られた。領域 A では pH の変化が小さい。また、点 B は中和点を示すが、pH は 7 より大きい。それぞれの理由を述べよ。

問 3 下線部(b)に関連して、リン酸の初濃度を C mol/L、一段階目の電離平衡に対する電離度を α とする。ただし、 α の値は 1 に比べて無視できるほど小さくはない。溶液の温度は 25°C とし、水の電離平衡は無視できるものとする。必要であれば、次の値を用いよ。 $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$

- (1) K_1 を C と α の文字式で表せ。
- (2) $C = 0.12$ mol/L であるとき、この水溶液の平衡時における pH と $[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$, $[\text{HPO}_4^{2-}]$, $[\text{PO}_4^{3-}]$ の各イオンのモル濃度を求めよ。pH は小数第二位まで、モル濃度は有効数字 2 桁で、それぞれ求めよ。