

(工学部 建築・都市環境工学科)
物質・生命化学科)

注意事項

1. 開始の合図があるまで、この冊子および解答用紙を開いてはいけない。
2. 化学の解答用紙は全部で4枚である。4枚とも志願学科および受験番号を記入すること。
3. 問題は全部で4問ある。4問すべてを解答すること。
4. 解答は必ず解答用紙の所定の欄に記入すること。所定の欄以外に記入したものは無効である。
5. 解答用紙は持ち帰ってはいけない。
6. この問題冊子は持ち帰ること。

〔注意〕 必要なら、次の数値を用いよ。

原子量：H = 1, C = 12, N = 14, O = 16, Cl = 35

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

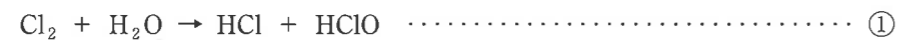
気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$, 温度 $0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$

$\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{0.1} = 3.16 \times 10^{-1}$

1 次の文を読み、計算問題では計算過程も明記して、以下の問1～問8に答えよ。

元素の周期表で17族の元素は、原子量の小さいものから順に、ア、塩素、イ、ヨウ素、アスタチンであり、これらはウと総称される。これらの原子は、価電子をエ個もち、電子1個を取り入れて、1価の陰イオンになりやすい。また、これらの元素の単体は、すべて酸化剤として働く。^(a)

実験室では、塩素 Cl_2 は、酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加え、加熱することにより得られる。^(b)あるいは、 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ に塩酸を加えても得られる。塩素 Cl_2 の水溶液中では、塩素 Cl_2 の一部が水と次式のように反応して塩化水素 HCl とオ HClO を生じている。^(c)



オ HClO は酸化作用が強いことから、殺菌や漂白に利用される。一方、塩化水素 HCl は、塩化ナトリウムに濃い硫酸水溶液を加えて加熱すると得られる。塩化水素 HCl の水溶液である塩酸は、マグネシウムやアルミニウム、亜鉛といった金属と反応し、水素 H_2 を発生させる。^(d)金属の塩化物の多くは水に可溶性を示すが、塩化銀のように水に溶けにくく、沈殿しやすいもの^(e)もある。実験室において、塩化物イオン Cl^- を含有する水溶液に銀イオン Ag^+ を含む水溶液を加えると、塩化銀のカ色の沈殿が生成する反応は、銀イオン Ag^+ の検出に利用される。^(f)

工業的には、塩素 Cl_2 は、塩化ナトリウム水溶液の電気分解で得られ、塩化水素 HCl は水素 H_2 と塩素 Cl_2 の直接反応で得られている。^(g)

問1 文中の空欄ア～カにあてはまる適切な用語、数値を記せ。

問2 文中の下線部(a)について、アスタチンを除き、単体の酸化作用の強いものから順に化学式で記せ。

問3 文中の下線部(b)および(c)に対応する化学反応式を、それぞれ記せ。

問4 化学反応式①において、 Cl_2 , HCl , HClO 中の塩素の酸化数を、それぞれ記せ。

問5 文中の下線部(d)に対応する化学反応式を記せ。

問6 文中の下線部(e)に示すような、塩酸と反応して水素 H_2 を発生させる金属に共通する性質を、イオン化傾向という用語を用いて簡潔に記せ。

問7 文中の下線部(f)に関連して、水に溶けにくく、沈殿しやすい塩化銀も、水中ではごくわずかに溶けて飽和水溶液になっている。25℃の塩化銀の飽和水溶液における銀イオン Ag^+ の濃度を計算せよ。ただし、塩化銀の25℃における溶解度積は、 $1.8 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ とし、有効数字2けたで求めよ。

問8 文中の下線部(g)に関連して、次の(1)～(3)の問いに答えよ。

(1) 陽極および陰極に白金電極を用いて電気分解を行う場合、陽極および陰極で進行する反応に関して、それぞれ反応式を記せ。

(2) 1.0 A の電流で2時間電気分解を行う場合、陽極と陰極の間を流れる電気量(単位はC)を計算し、有効数字は2けたで答えよ。

(3) この電気分解過程における塩素 Cl_2 発生に、(2)で求めた電気量の60%が使われるとして、発生する塩素 Cl_2 の質量は何gか計算し、有効数字2けたで答えよ。

2 気液平衡と気体の溶解に関する以下の**実験1**～**実験4**を行った。これについて**問1**～**問8**に答え、導く過程も示せ。必要があれば**表1**と**表2**のデータを用いよ。気体は理想気体であると仮定せよ。計算結果はすべて有効数字2けたで答えよ。

実験1：図1のようなコックのついた頑丈な密閉容器がある。この容器の容積は10.0Lである。最初にコックの先に真空ポンプをつないで容器の内部を真空にしたのち、約94 molの水を注入してコックを閉じて密閉した。40℃で気液平衡に達したとき、液体の水の体積は1.7Lであった。

問1 容器内の圧力はいくらか答えよ。

問2 容器内の水蒸気の物質量はいくらか答えよ。

実験2：次に、再び真空ポンプをつないでコックを開き、容器内を40℃に保ったままゆっくりと平衡を乱さずに水蒸気を排気していった。液体の水が消失した瞬間にコックを閉じて排気を停止した。



図1 密閉容器内での気液平衡状態

問3 容器内の圧力はいくらか答えよ。

問4 容器内に残った水蒸気の物質量はいくらか答えよ。

実験3：次に、再び約94 molの水を容器内に注入したのち、さらに窒素を注入してコックを閉じた。40℃で平衡に達したとき、気体部分の窒素の量は0.083 molであった。また、液体の水の体積は1.7Lであった。

問5 気体中の窒素と水蒸気の分圧はそれぞれいくらか。ただし、窒素を加えたことによる水の蒸気圧への影響(沸点上昇や液体が窒素に加圧される効果など)は無視せよ。

問6 容器内の圧力はいくらか答えよ。

問7 液体の水に溶解している窒素の物質量はいくらか答えよ。

実験4：**実験3**の容器を密閉状態のまま平衡を保ちながら加熱し、内部の温度を107℃とした。

問8 この状態で容器内に液体の水が存在するかどうかを答えよ。

表1 水の飽和蒸気圧

温度[℃]	飽和蒸気圧[Pa]
0	6.1×10^2
40	7.3×10^3
107	1.3×10^5

表2 水に対する窒素の溶解(窒素の圧力が 1.0×10^5 Paの場合)

温度[℃]	水1Lに溶解する窒素の物質量[mol]
0	1.0×10^{-3}
40	5.4×10^{-4}
107	4.2×10^{-4}

3 身の回りにおける有機化合物を調べた。次の1～5を読み、以下の問1～問7に答えよ。

1. 手の消毒用製品中のアルコール

ある種類の手の消毒用製品の主成分はエタノールと水であった。それらに加え、わずかな量であるが、アルコールAも含まれていた。このアルコールAの化学式は C_3H_8O であり、これを酸化した物質は塩基性水溶液中でヨウ素と反応して黄色の沈殿物を生じた。

2. 化粧水中のアルコール

化粧水の主成分は水であり、保湿剤・潤滑剤としてアルコールBも含まれていた。このアルコールBは油脂の加水分解によっても得られ、化学式は $C_3H_8O_3$ である3価アルコールであった。

3. 食品の保存剤

この保存剤は、食品中における菌類に対して増殖を抑える働きがあるカルボン酸Aであった。化学式は $C_6H_8O_2$ であり、2つの炭素-炭素二重結合($C=C$)と1つのメチル基を持っている不飽和脂肪酸であった。ただし、このカルボン酸Aは3個の炭素の間に2個の二重結合が連続した $C=C=C$ の化学構造を含まず、2つの炭素-炭素二重結合はどちらもトランス形である。

4. 清涼飲料水の保存剤

この保存剤は、清涼飲料水中における菌類に対して増殖を抑える働きがある芳香族カルボン酸のナトリウム塩であった。化学式は $C_7H_5O_2Na$ であり、塩酸を加えることでカルボン酸Bが得られた。

5. 食酢

食酢の主成分は水とカルボン酸Cであった。化学式は $C_2H_4O_2$ であった。

問1 アルコールAの化学構造式を書き、その化学構造式を考えた理由を説明せよ。

問2 アルコールBの化学構造式と物質名を答えよ。

問3 カルボン酸Aの化学構造式をトランス形であることがわかるように書け。

問4 カルボン酸Bの化学構造式と物質名を答えよ。

問5 1 molのアルコールBに3 molのカルボン酸Bと少量の濃硫酸を加え、加熱するとエステルが得られた。ここで起きる反応の化学反応式を記せ。ただし、有機化合物は化学構造式で書け。

問6 2 molのカルボン酸Cを十酸化四リンで脱水すると、1 molの酸無水物Aが得られた。ここで起きる反応を十酸化四リンを除いた化学反応式で記せ。ただし、有機化合物は化学構造式で書け。

問7 酸無水物Aとアニリンを反応させるとアミドが得られた。このアミドは昔、解熱剤として使用されていた。ここで起きる反応の化学反応式と生成したアミドの物質名を記せ。ただし、有機化合物は化学構造式で書け。

4 次の文を読み、以下の問1～問5に答えよ。

繊維には化学繊維と (ア) があり、 (ア) はさらに植物繊維、動物繊維に分類される。植物繊維である木綿の主成分はセルロースであり、分子中に (イ) 基を多数持ち、吸湿性に優れる。セルロースは (ウ) が直鎖状に縮合した構造をしており、平行に並んだ分子間には (イ) 基どうしによって (エ) が形成される。

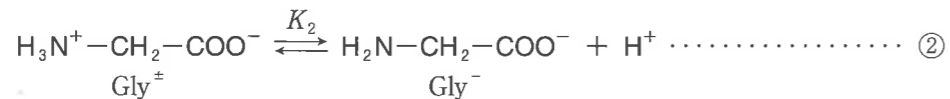
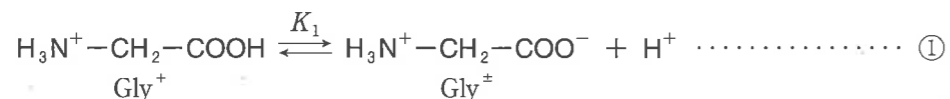
動物繊維である羊毛の主成分は (オ) と呼ばれるタンパク質である。タンパク質は、アミノ酸がペプチド結合で多数連なった構造をもつ。アミノ酸は、同一の炭素原子に、カルボキシ基とアミノ基が結合している。タンパク質は、ペプチド結合間の (エ) によって、(カ) やβ-シートとよばれる二次構造を形成することがある。また、羊毛や絹は、セルロースに比べ染色されやすい特徴がある。

一方、化学繊維は、石油などを原料とし、重合反応によって鎖状の高分子化合物を合成し、繊維としたものである。ナイロンはポリアミドであり、(d) ナイロン66 やナイロン6 などがある。

問1 文中の空欄 (ア) ～ (カ) にあてはまる適切な語句を記せ。

問2 下線部(a)の物質に濃硝酸と濃硫酸の混合液を反応させることで得られる物質名を記せ。

問3 下線部(b)の一つであるグリシンは水溶液中で、 Gly^+ 、 Gly^\pm 、 Gly^- の3種類のイオンとして存在している。これらのイオンの間には①、②式で示される電離平衡が成り立ち、それぞれの電離定数は、 $K_1 = 5.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ 、 $K_2 = 2.0 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$ である。



$[\text{Gly}^+] = [\text{Gly}^-]$ となるときの pH を等電点とよび、グリシンイオンのもつ電荷は全体として0となる。このときの pH を、答えを導く過程とともに小数点以下第1位まで答えよ。

問4 下線部(c)に関して、繊維は、染料の分子と化学的に結びつくことによって染色される。図2は代表的な合成染料であるオレンジIIの化学構造式である。このオレンジIIはなぜ羊毛や絹を染色しやすいのか、羊毛や絹とオレンジIIの化学構造をもとに説明せよ。

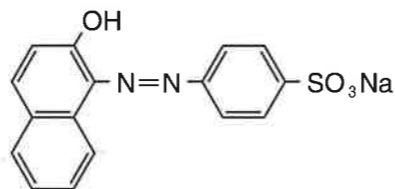


図2 オレンジIIの化学構造式

問5 下線部(d)のナイロン66を、操作1～操作3の方法で合成した。以下の(1)～(3)の問いに答えよ。

[操作1] ビーカーにヘキサンを10 mL取り、これにアジピン酸ジクロリド $\text{ClOC}(\text{CH}_2)_4\text{COCl}$ を0.010 molを加えて溶かした(反応液1とする)。

[操作2] ビーカーに水50 mL取り、これに水酸化ナトリウム1.0 gとヘキサメチレンジアミン $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$ 0.010 molを加えて溶かした(反応液2とする)。

[操作3] 反応液2に反応液1をゆっくり加えると、2つの液の境界面にナイロン66の膜が形成された。

(1) ナイロン66の構造式を例にならって記せ。



(2) アジピン酸ジクロリドの70%が反応したとき、ナイロン66は何g生成するか、答えを導く過程とともに有効数字2けたで答えよ。末端の構造は考慮しなくてよい。

(3) 得られたナイロン66の平均分子量が 3.4×10^5 であった。得られたナイロン66の1分子に含まれるアミド結合の数は平均でいくつか、答えを導く過程とともに有効数字2けたで答えよ。

志願学科		受験 番号	
------	--	----------	--

見本

令和3年度入学者選抜学力検査問題
解答用紙
〔前期日程〕

理科 (化学基礎・化学)

(4枚中の第1枚)

1

問 1	(ア)	(イ)	(ウ)
	(エ)	(オ)	(カ)
問 2			
問 3	(b)		
	(c)		
問 4	(Cl ₂)	(HCl)	(HClO)
問 5			
問 6			
問 7	(計算過程)		
			mol/L
問 8	(陽極)		
	(1)	(陰極)	
	(2)	(計算過程)	C
	(3)	(計算過程)	g

採 点	1	2	3	4	合 計	
--------	---	---	---	---	--------	--

志願学科		受験番号	
------	--	------	--

令和3年度入学者選抜学力検査問題
解答用紙
〔前期日程〕

理科 (化学基礎・化学)

(4枚中の第2枚)

2

問 1	(答えを導く過程)		Pa
問 2	(答えを導く過程)		mol
問 3	(答えを導く過程)		Pa
問 4	(答えを導く過程)		mol
問 5	(答えを導く過程)	窒素の分圧： 水蒸気分圧：	Pa Pa
問 6	(答えを導く過程)		Pa
問 7	(答えを導く過程)		mol
問 8	(答えを導く過程と答え)		

採点	2
----	---

志願学科		受験 番号	
------	--	----------	--

令和3年度入学者選抜学力検査問題
解 答 用 紙
〔前 期 日 程〕

理科 (化学基礎・化学)

(4枚中の第3枚)

3

問 1	(化学構造式)	(理由)
問 2	(化学構造式)	(物質名)
問 3	(化学構造式)	
問 4	(化学構造式)	(物質名)
問 5	(化学反応式)	
問 6	(化学反応式)	
問 7	(化学反応式)	(物質名)

採 点	3
--------	---

志願学科		受験番号	
------	--	------	--

令和3年度入学者選抜学力検査問題
 解答用紙
 [前期日程]

理科 (化学基礎・化学)

(4枚中の第4枚)

4

問 1	(ア)	(イ)	(ウ)
	(エ)	(オ)	(カ)
問 2			
問 3	(答えを導く過程)		
			pH
問 4			
問 5	(1)		
	(2)	(答えを導く過程)	
	(3)	(答えを導く過程)	
		g	
		個	

採点 4