

化学基礎・化学（後期日程）

（ 注 意 事 項 ）

1. 試験開始までに表紙の注意事項をよく読んでください。
2. 試験開始の合図があるまで、この冊子を開いてはいけません。
3. 試験開始の合図があったら、すぐに用紙の種類と枚数を確かめ、受験番号をすべてに記入してください。
 - 表紙（この用紙） 1 枚
 - 化学基礎・化学その 1 1 枚
 - 化学基礎・化学その 2 1 枚
 - 化学基礎・化学その 3 1 枚
4. 配付された用紙の種類や枚数が異なる場合や印刷が不鮮明な場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
5. 答えは、特に指定がなければ、解答欄に記入してください。
6. 試験終了後、すべての用紙を回収します。上から（表紙）、（化学基礎・化学その 1）、（化学基礎・化学その 2）、（化学基礎・化学その 3）の順に、おもて面を上にしてひろげた状態で用紙の上下をそろえて 4 枚重ねてください。異なる科目の答案用紙が混入しないように注意してください。
7. 問題用紙の余白や裏面を草案に使用しても構いませんが、採点の対象にはなりません。

- 特に断りがなければ、次の数値を使用しなさい。

元 素	H	C	N	O	Na	Mg	Cl	Fe	Zn	I
原子量	1.0	12.0	14.0	16.0	23.0	24.3	35.5	55.9	65.4	126.9

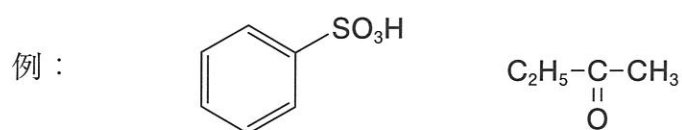
アボガドロ定数 $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

標準状態（0℃， $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ ）での気体 1 mol の体積 22.4 L

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

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

- 気体は、特に指定がなければ、理想気体として取り扱いなさい。
- 有機化合物の構造式は、特に指定がなければ、次の例にならって簡略化した構造式で書きなさい。



受 験 番 号

- 問題 1** 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。ただし、 $\log_{10}2 = 0.301$ 、 $\log_{10}3 = 0.477$ 、 $\log_{10}5 = 0.699$ とする。
- 問 1** 多くの緑色植物にはマグネシウムを含む色素があるが、その色素の名称を答えなさい。
- 問 2** マグネシウムは航空機の機体に用いられる軽量のアルミニウム合金の添加物として使われる。この合金の名称を答えなさい。
- 問 3** 酸化マグネシウムの結晶は塩化ナトリウム構造の単位格子となっている。 Mg^{2+} と O^{2-} は互いに接していると仮定し、この結晶の密度を計算過程を示し有効数字3桁で答えなさい。ただし、 Mg^{2+} と O^{2-} のイオン半径はそれぞれ $0.86 \times 10^{-8} \text{ cm}$ と $1.26 \times 10^{-8} \text{ cm}$ とする。
- 問 4** 水酸化マグネシウムは制酸剤として用いられる。水酸化マグネシウムは水への溶解度が小さいため、懸濁した状態で服用することもあるが、胃内部のような酸性条件下では水溶液となる。水酸化マグネシウム 0.97 g を希塩酸 50 mL に加えて全て溶かしたのち、水酸化ナトリウムを加えて再び沈殿を生じる際の水溶液の pH を、計算過程を示し小数第1位まで求めなさい。ただし、溶液の体積は変化しないものとし、水のイオン積は $K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ 、水酸化マグネシウムの溶解度積は $K_{\text{sp}} = 1.2 \times 10^{-11} \text{ mol}^3/\text{L}^3$ とする。
- 問 5** Mg^{2+} はエチレンジアミン四酢酸（EDTA）と $1 : 1$ で反応して錯イオンを形成する。よって、 Mg^{2+} 水溶液に指示薬を加え EDTA 水溶液で滴定を行うと、当量点では Mg^{2+} と結合していた指示薬が遊離するため、指示薬の色が変化する。今、水酸化マグネシウムを含む錠剤 0.55 g を 6.0 mol/L 塩酸 10 mL に溶解したのち、水を加えて全量を 1.0 L とした。この溶液を 10 mL とり、沈殿が生じない程度にアンモニア水溶液を加えたのち、 0.01 mol/L の EDTA 水溶液で滴定したところ、 8.8 mL 加えたところで指示薬の色が変化した。この錠剤中の水酸化マグネシウムの純度（％）を計算過程を示し整数値で答えなさい。ただし、錠剤中には水酸化マグネシウム以外に EDTA と反応する化合物はないものとする。
- 問 6** 炭酸マグネシウムは大量に服用すると下剤として作用する。これは、大腸内では Mg^{2+} がほとんど吸収されないため、大腸内の Mg^{2+} 濃度が高くなると浸透圧の上昇により、周りの細胞から水分が大腸内に放出されるためである。炭酸マグネシウムを 1.50 g 服用し大腸内に Mg^{2+} の水溶液として 50 mL 存在するとする。体温 37°C の時、 Mg^{2+} 由来の浸透圧を計算過程を示し有効数字3桁で答えなさい。

解答欄	問 1		問 2	
	問 3			
	問 4			
	問 5			
	問 6			

受 験 番 号

小 計

問題 2 抽出に関する次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

抽出とは、固体や液体の原料から、ある特定の成分だけを溶剤で分離する操作である。例えば、酢酸（沸点 118℃）を含むベンゼンに水（溶剤）を加えると、酢酸はベンゼン層から水層へ移動して、3 成分が新たな平衡に達する。この時、ベンゼンと水が互いに溶け合わないとする、それぞれの溶媒中の酢酸の濃度比は、温度一定の場合、分配係数 K_D として次のように表される。

$$K_D = \frac{[S]_w}{[S]_b}$$

ここで、 $[S]_b$ と $[S]_w$ はベンゼン層と水層におけるそれぞれの酢酸のモル濃度である。ベンゼン層から抽出された酢酸は、水層を蒸留することで水と分離して回収することができる。今 20℃ にて、10 % の酢酸を含むベンゼン混合溶液 30 g（原液 A）を用いて、次の実験をそれぞれ行った。

【実験 1】原液 A に水 10 g を加え十分攪拌したのち静置すると、一部の酢酸がベンゼン層から水層に移った。この時、取り出した水層と残ったベンゼン層中の酢酸のモル濃度比が 9 : 1 になった。

【実験 2】最初に原液 A に水 5 g を加え十分攪拌したのち、静置し水層を取り出した。続いて、残りのベンゼン層に新たに水 5 g を加え同様の操作ののち、水層を取り出し最初に取り出した水層に加えた。

問 1 酢酸はベンゼン中ではどのような状態で存在していると考えられるか。「水素結合」という語句を用いて説明しなさい。

問 2 原液から水層へ抽出された酢酸の物質量の比率を、 K_D を用いて答えなさい。ただし、ベンゼンと水の容積をそれぞれ V_b と V_w とする。

問 3 実験 1 および実験 2 において、最終的に水層側に抽出された酢酸の質量を、それぞれ計算過程を示し答えなさい。ただし、20℃ におけるベンゼンと水の密度（g/mL）はそれぞれ 0.9 と 1.0 とする。

問 4 蒸留操作において、水と酢酸の蒸気圧の比を α (> 1) とすると、低沸点成分の気体中でのモル分率 y と、液体中でのモル分率 x の関係式を答えなさい。ただし、酢酸が水に溶解するときの蒸気圧降下はラウールの法則に従い、水中の酢酸のモル分率に比例するものとする。なお、酢酸水溶液にはベンゼンは含まれないものとする。

解答欄	問 1	
	問 2	
	問 3	実験 1
		実験 2
	問 4	

受 験 番 号

小 計

問題3 アミノ酸に関する次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

グルタミン酸（Glu, $\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}_4$ ）は水溶液中では、4種類のイオン（A, B, C, D）が存在する。強い酸性溶液中ではAが、pHが大きくなるにつれ $\text{B} \rightarrow \text{C} \rightarrow \text{D}$ となる。また3段階の電離平衡にあり、各段階の電離定数 K_a と $\text{p}K_a (-\log_{10} K_a)$ は以下の通りである。

α 位カルボキシ基の電離定数 $K_{a1} = 7.94 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ ($\text{p}K_{a1} = 2.10$)

側鎖カルボキシ基の電離定数 $K_{a2} = 8.51 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ ($\text{p}K_{a2} = 4.07$)

α 位アミノ基の電離定数 $K_{a3} = 3.38 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$ ($\text{p}K_{a3} = 9.47$)

問1 アミノ酸を検出するのに適した呈色反応の名称と、グルタミン酸を用いた時の反応の色を答えなさい。

問2 A, B, C, D にあてはまる適切なイオンの構造式を答えなさい。

問3 1.26 mol/L のグルタミン酸水溶液の pH を計算過程を示し小数第1位まで求めなさい。

問4 グルタミン酸の4種類のイオン（A, B, C, D）のうち、pH = 3.0 および pH = 8.0 で存在するイオンを多い方から2つ選び、それぞれ全イオンに対する割合（%）を小数第1位まで求めなさい。

問5 上の電離定数をつかって、グルタミン酸の等電点を有効数字3桁で求めなさい。

問6 リシン（Lys, $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_2$ ）の α 位のカルボキシ基と、グルタミン酸の α 位のアミノ基がペプチド結合したジペプチド（Lys-Glu）の等電点を有効数字3桁で求めなさい。さらに、ジペプチドの等電点で最も多く存在するイオンの構造式を答えなさい。なお、リシンの3段階の電離定数は以下に示し、ジペプチドの電離定数は、もとのアミノ酸の電離定数と変わらないものとする。

α 位カルボキシ基の電離定数 $K_{a4} = 6.92 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ ($\text{p}K_{a4} = 2.16$)

側鎖アミノ基の電離定数 $K_{a5} = 2.88 \times 10^{-11} \text{ mol/L}$ ($\text{p}K_{a5} = 10.54$)

α 位アミノ基の電離定数 $K_{a6} = 8.71 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$ ($\text{p}K_{a6} = 9.06$)

解答欄	問1	反応名			反応の色		
	問2	A	B		C	D	
	問3						
	問4	pH = 3.0	最も多く存在しているイオン			2番目に多く存在しているイオン	
			最も多く存在しているイオンの割合			2番目に多く存在しているイオンの割合	
		pH = 8.0	最も多く存在しているイオン			2番目に多く存在しているイオン	
最も多く存在しているイオンの割合			2番目に多く存在しているイオンの割合				
問5							
問6							

受験番号

小計