

# 化 学

注意 1. 志望学部・学科により、以下に示す番号の問題を解答すること。

志望する学部・学科	解答する問題番号			
国際教養学部 志望者のうち化学を選択する者	1	2	3	4
教育学部 志望者のうち化学を選択する者	1	3	4	
理学部 物理学科志望者、および数学・情報数理学科、生物学科、地球科学科志望者のうち化学を選択する者	2	3	4	
理学部 化学科	1	2	3	4
	5	6		
工学部 建築学科、都市環境システム学科、機械工学科、メディカルシステム工学科、電気電子工学科、ナノサイエンス学科、画像科学科、情報画像学科志望者、およびデザイン学科志望者のうち化学を選択する者	1	3	4	
工学部 共生応用化学科	1	3	5	
園芸学部 志望者のうち化学を選択する者	1	4	5	
医学部 志望者のうち化学を選択する者	2	3	5	6
薬学部	1	2	4	6
看護学部 志望者のうち化学を選択する者	1	5	6	
先進科学プログラム (方式Ⅱ) 物理学関連分野	2	3	4	
先進科学プログラム (方式Ⅱ) 物理化学・生命化学関連分野				
先進科学プログラム (方式Ⅱ) 工学関連分野(建築学科、都市環境システム学科、機械工学科、メディカルシステム工学科、電気電子工学科、ナノサイエンス学科、画像科学科、情報画像学科志望者、およびデザイン学科志望者のうち化学を選択する者)	1	3	4	

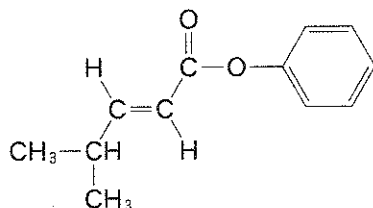
注意 2. 解答は、すべて解答用紙の所定の欄に、指定された方法で記入すること。

3. 必要があれば次の数値を用いなさい。

原子量：H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, Cl = 35.5,

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

4. 構造式は下の例にならって解答しなさい。



1 次の文章を読み、以下の問い(問1～6)に答えなさい。

液体を冷却していくと、温度が凝固点以下になっても液体の状態を保ったまま、すぐに凝固しない場合がある。この不安定な状態を **ア** 状態という。

**ア** の状態で凝固が始まると、液体の温度は一時的に上昇する。

希薄溶液を冷却していくと、溶液中の溶媒の凝固点<sup>①</sup>は、純溶媒の凝固点より低くなる。この現象を、溶液の **イ** といひ、純溶媒と溶液との凝固点の差を **ウ** という。

問1 **ア** ～ **ウ** にあてはまる適切な語句をかきなさい。

問2 下線部①の理由を15字以内で説明しなさい。

問3 次の(1)～(4)の溶液について、凝固点の高い順に等号または不等号を用いて、例のようにかきなさい。例：(1) > (2) > (3) = (4)

(1) 水 100 g にスクロース  $C_{12}H_{22}O_{11}$  を 3.42 g 溶かした溶液

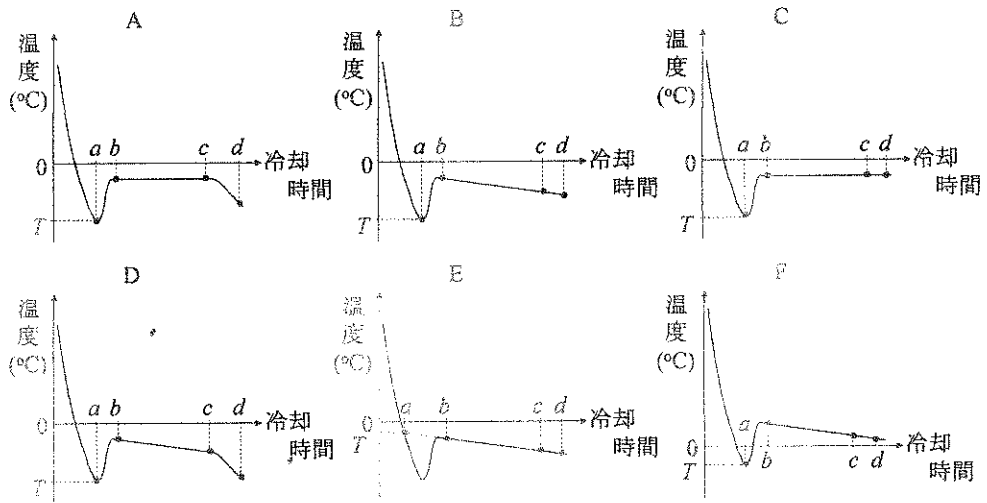
(2) 水 200 g に尿素  $CH_4N_2O$  を 1.95 g 溶かした溶液

(3) 水 500 g にエタノール  $C_2H_5O$  を 2.07 g 溶かした溶液

(4) 純粋な水 300 g

問4 ある希薄水溶液をゆっくり冷却すると、時間  $a$  において純粋な水の凝固点よりも低い温度  $T$  で凝固が始まった。そのまま冷却を続けたところ、時間  $d$  では水溶液はすべて凝固していた。この希薄水溶液の冷却曲線はどのようになるか。次の冷却曲線 A～F のうち適切なものを選び、記号で答えなさい。





問 5 問 4 で選択した冷却曲線において、時間  $b$  から  $c$  までの温度の時間依存性を示す理由を 40 字以内で説明しなさい。

問 6 水 100 g にグルコース  $C_6H_{12}O_6$  を 1.80 g 溶かした溶液の凝固点は  $-0.185^\circ C$  であった。この溶液に、さらに 3.42 g のスクロースを加えて完全に溶かした溶液の凝固点は何度 ( $^\circ C$ ) か。計算過程を示し、有効数字 3 けたで答えなさい。

2 次の文章を読み、以下の問い(問1～5)に答えなさい。

デンプン分子のように直径  $10^{-9} \sim 10^{-6}$  m 程度の大きさの微粒子をコロイド粒子という。デンプン水溶液のように流動性のあるコロイド溶液を **ア** といひ、流動性のないコロイド溶液を **イ** という。また、水中のコロイド粒子を限外顕微鏡(暗視野顕微鏡)で観察すると光った点が不規則に動いている様子が見られる。この運動を **ウ** 運動という。水酸化鉄(III)のコロイド溶液に2本の電極を差し込み、直流電圧をかけると、片方の電極側に赤褐色のコロイド粒子が移動した。この現象を **エ** という。

デンプンやタンパク質のような大きな分子は通さないが、水のような小さな分子は自由に通すセロハン膜のような膜を **オ** という。純水と水溶液とを **オ** を用いて仕切り、長時間放置すると **カ** とよばれる現象によって、水分子が **オ** を通り、水溶液の液面が上昇する。液面の移動を起こさないようにするためには、水溶液側に圧力を加える必要がある。

問1 **ア** ～ **カ** にあてはまる適切な語句をかきなさい。

問2 下線部①でコロイド粒子が移動した側の電極は陽極、陰極のどちらか。理由とともに答えなさい。

問3 グリシンとグルタミン酸の pH 4.0 の混合水溶液に室温で直流電圧をかけることで、グリシンとグルタミン酸を分離した。その原理を 60 字以内で答えなさい。ただし、グリシンとグルタミン酸の等電点はそれぞれ 6.0、3.2 である。

問4 下線部②で 0.90 g のグルコース  $C_6H_{12}O_6$  を水に溶かして 100 mL とした。この水溶液の液面の上昇を起こさないためには、 $27^\circ C$  で何 Pa の圧力を加える必要があるか。計算過程も示し、有効数字 2 けたで答えなさい。

問 5 問 4 と同じ大きさの圧力を加える必要がある塩化カルシウム水溶液 100 mL を調製するには、何 mol の塩化カルシウムを水に溶かせばよいか。計算過程も示し、有効数字 2 けたで答えなさい。ただし、塩化カルシウムは完全に電離するものとする。

3 次の文章を読み、以下の問い(問1～7)に答えなさい。

炭素とケイ素は周期表の  族の典型元素で非金属元素である。これらの原子は価電子を  個もち、他の原子と共有結合を形成する。

炭素の単体にはダイヤモンド、黒鉛、フラーレンなどの  がある。これらの炭素は燃えると二酸化炭素を生じる。二酸化炭素を石灰水に通すと白色沈殿を生じ、さらに過剰に通じると沈殿は炭酸水素カルシウムとなって溶解する。

<sup>①</sup>この溶液にある操作を行うと白色沈殿が生じる。

② ケイ素の酸化物である二酸化ケイ素に水酸化ナトリウムを加えて熱すると、ケイ酸ナトリウムを生成する。<sup>③</sup>ケイ酸ナトリウムに水を加えて熱すると、無色透明の  を得ることができる。  に塩酸を加えると、弱酸であるケイ酸が沈殿する。ケイ酸を水洗して加熱すると、固体のシリカゲルが得られる。<sup>④</sup>

問1  および  にあてはまる数字、  および  にあてはまる適切な語句をかきなさい。

問2 黒鉛、フラーレン、単体のケイ素、それぞれの電氣的性質と光学的性質の組み合わせとして正しいものを次の(1)～(6)から選び番号で答えなさい。

番号	(電氣的性質, 光学的性質)
(1)	(絶縁体, 透明)
(2)	(絶縁体, 不透明)
(3)	(半導体, 透明)
(4)	(半導体, 不透明)
(5)	(良導体, 透明)
(6)	(良導体, 不透明)



問 3 下線部①の化学反応式をかきなさい。

問 4 下線部②の適切な操作を一つかきなさい。ただし、物質を添加する操作は除くものとする。

問 5  $1.0 \times 10^{-5}$  mol の二酸化炭素が水 1.0 L に溶けた場合、pH はいくらか。計算過程を示し、有効数字 2 けたで答えなさい。なお、炭酸の第一段階の電離のみを考慮し、電離定数を  $5.0 \times 10^{-7}$  mol/L とする。また、必要であれば  $\log_{10} 2 = 0.30$  と  $\log_{10} 3 = 0.48$  を用いなさい。

問 6 下線部③の化学反応式をかきなさい。

問 7 下線部④の用途を一つあげなさい。また、その用途に応じた性質を示す理由を 60 字以内で答えなさい。

4

次の文章を読み、以下の問い(問1～5)に答えなさい。

カルボン酸とアルコールを混合し、酸を加えて加熱するとエステルが得られる。その中でも、分子量の小さいエステルは芳香をもつため、香料などに用いられる。反応容器にプロピオン酸とエタノールを混合し、少量の濃硫酸を加えて加熱したところ、食品の香料に用いられるプロピオン酸エチルが生成した。さらにこの反応混合物を一定温度で保つと、化学平衡に達した。

一方、エステルを加水分解すると、カルボン酸とアルコールが生成する。プロピオン酸エチルの構造異性体のうち、5種類のエステル(化合物A～E)に対して、それぞれ加水分解を行ったとき、生成物とその性質は以下のとおりであった。

- (1) 化合物A、Bからは銀鏡反応を示す化合物Xが生成したが、化合物C、D、Eからは生成しなかった。
- (2) 化合物Cから得られたアルコールの沸点は、化合物Dから得られたアルコールの沸点よりも高かった。
- (3) 化合物Dから得られたカルボン酸は直鎖状分子であった。
- (4) 生成したアルコールに硫酸酸性の二クロム酸カリウムを作用させた。化合物C、Dから得られたアルコールからはアルデヒドが生成した。化合物A、Eから得られたアルコールからはケトンが生成した。化合物Bから得られたアルコールは酸化されなかった。

問1 下線部の平衡を化学反応式でかきなさい。

問2 下線部の平衡状態において水を加えたとき、プロピオン酸エチルの物質量はどのように変化するか。その理由を含めて45字以内で答えなさい。

問 3 反応容器にプロピオン酸 1.00 mol とエタノール 1.00 mol を加えて、下線部の操作を行った。このときの濃度平衡定数  $K_c$  を 0.25 とすると、反応容器内に存在するプロピオン酸、エタノール、プロピオン酸エチル、水の物質量はそれぞれいくらか。計算過程も示し、有効数字 2 けたで答えなさい。ただし、加えた濃硫酸に含まれる水は無視できるものとする。

問 4 化合物 X の化合物名と構造式をかきなさい。また、その構造式の中で銀鏡反応に関係する官能基を□で囲みなさい。

問 5 化合物 A～E の構造式をかきなさい。また、そのうち光学異性体をもつ化合物については、その不斉炭素原子を□で囲みなさい。

5 次の文章を読み、以下の問い(問1～6)に答えなさい。

芳香族化合物には、樹脂や染料などの原料に利用されるものが多くある。酸触媒を用いて、フェノールと ア を反応させると、イ とよばれる軟らかい固体の中間生成物を生じ、これに硬化剤を加えて加熱するとフェノール樹脂となる。また、*p*-キシレンを酸化して得られる ウ をエチレングリコールと反応させると、繊維や飲料用容器などの樹脂として使用される エ が得られる。

一方、アニリンを冷やししながら、塩酸と亜硝酸ナトリウムを反応させると、塩化ベンゼンジアゾニウムが生成する。塩化ベンゼンジアゾニウムとナトリウムフェノキシドを反応させると、橙赤色の オ が生じる。アゾ化合物の色調は芳香族アミンやフェノール類の組み合わせにより変えることができ、多くの繊維が鮮やかに染色されている。

問1 ア ～ オ にあてはまる適切な化合物名または物質名をかきなさい。

問2 下線部①、②の重合反応の名称をかきなさい。

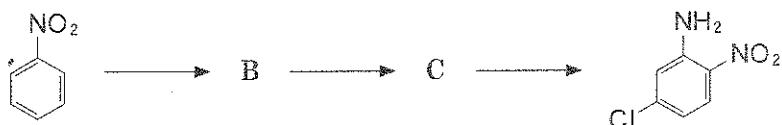
問3 下線部③について、次の(1)および(2)に答えなさい。

(1) 下線部③の反応を化学反応式で示しなさい。

(2) 8.43 g の塩化ベンゼンジアゾニウムを合成するためには、2.00 mol/L の塩酸は何 mL 以上必要か。計算過程も示し、有効数字2けたで答えなさい。

問4 下線部④について、*p*-アミノベンゼンスルホン酸ナトリウムをジアゾ化し、化合物Aと反応させると、中和滴定の指示薬として使用されるメチルオレンジが得られる。化合物Aの構造式をかきなさい。

問 5 下線部⑤について、図に示すニトロベンゼンを出発原料とする 5-クロロ-2-ニトロアニリンの合成経路における化合物 B, C の構造式をかきなさい。ただし、ベンゼン環の二つの水素原子が置換された芳香族化合物の置換反応では、二つの置換基の配向性が一致する位置にある水素原子が置換されるものとする。



問 6 下線部⑥について、染料と繊維の間に生じる結合の様式を三つ答えなさい。また、他の繊維と比較して、酸性染料および塩基性染料による絹、羊毛、ナイロンの染色(染着)で主要な役割を果たしている結合の様式はどれか。三つの結合の様式から一つ選び、○で囲みなさい。

6 次の文章を読み、以下の問い(問1～5)に答えなさい。

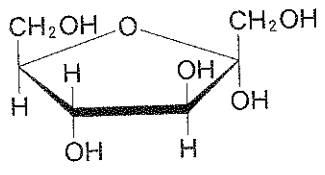
天然高分子化合物であるデンプンは植物の光合成によってつくられ、分子式 **ア** であらわされる多糖類である。デンプンは基本となる二つの成分で構成され、一つは温水中に可溶性 **イ** であり、もう一つは温水中に不溶性 **ウ** である。 **イ** は隣接する  $\alpha$  型のグルコースの1位と **エ** 位のみで結合し、らせん構造をとる。一方、 **ウ** は、この他にも1位と **オ** 位で結合することにより、枝分かれ構造をもつ。また、同じ分子式 **ア** であっても植物の細胞壁の主成分である **カ** は  $\beta$  型のグルコースが直鎖状に連なった構造をしている。

**イ** を2種類の酵素 **キ** と **ク** で加水分解すると、最終的にグルコースが得られる。グルコースは酵母によって二酸化炭素とエタノールに分解される。

問1 **ア** にあてはまる分子式を、 **イ** , **ウ** , **カ** ~ **ク** にあてはまる適切な物質名を、 **エ** , **オ** にあてはまる適切な数字をかきなさい。

問2 下線部①のグルコース  $C_6H_{12}O_6$  が水溶液中でとる構造を下図の例にならって構造式としてすべてかきなさい。

(例)



問3 **イ** を検出するのに用いられる呈色反応名をかきなさい。また、その反応で呈色する理由を40字以内で説明しなさい。

問 4  に硫酸の存在下で無水酢酸を作用させると、すべてのヒドロキシ基がアセチル化される。この化学反応式をかきなさい。

問 5 下線部②の反応が完全に進行すると、100 g の  からエタノールは何 g 得られるか。計算過程を示し、有効数字 3 けたで答えなさい。

