

〔「物理基礎・物理」「化学基礎・化学」「生物基礎・生物」〕

(時間：2 出題科目で 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 出題科目、ページ及び選択方法は、下表のとおりです。

出 題 科 目	ページ	選 択 方 法
「物理基礎・物理」	1 ～ 3	左の 3 出題科目のうちから、あらかじめ届け出た 2 出題科目について解答しなさい。
「化学基礎・化学」	4 ～ 6	
「生物基礎・生物」	7 ～ 9	

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 解答は、すべて解答用紙の所定の欄に記入しなさい。
- 5 問題冊子の余白は計算等に用いて構いません。
- 6 試験終了後、解答用紙のみを回収します。

化学基礎・化学

必要があれば、原子量は次の値を用いること。Ca 40.0, Cl 35.5

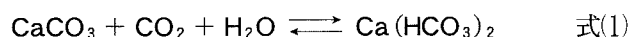
計算は有効数字2桁で求めよ。

〔1〕 次の文章Ⅰ～Ⅲを読んで、後の問い(問1～5)に答えよ。

Ⅰ 水分が含まれる気体を乾燥剤の中に通すと、乾燥剤が水分子を吸着し、気体が乾燥される。乾燥剤には、酸性、塩基性、および中性の乾燥剤がある。例えば、酸性の乾燥剤と塩基性の気体の組み合わせでは、酸塩基反応により塩が形成されるため、乾燥した気体を取り出すことができない。したがって、乾燥させる気体と化学反応を起こさない乾燥剤を選ぶ必要がある。^(a)

Ⅱ 凍結防止剤である塩化カルシウム CaCl_2 を道路に散布すると、雪や雨水に CaCl_2 が溶けて発熱する。また、 CaCl_2 を含む水溶液は、凝固点降下によって路面を凍結しにくくする。^(b)

Ⅲ 炭酸カルシウム CaCO_3 は、石灰石(石灰岩)、大理石、貝殻などの主成分として、自然界に広く存在する。石灰岩地帯では、式(1)の可逆反応が関与して、鍾乳洞や鍾乳石などが形成する。^(c)



問1 2族元素(ベリリウム Be, マグネシウム Mg, カルシウム Ca, ストロンチウム Sr, バリウム Ba)の性質に関する記述として、正しいものを次の①～⑤のうちからすべて選び、数字で答えよ。

- ① 2族元素の単体は、いずれも銀白色の金属であり、同じ周期のアルカリ金属と比べると、融点が低く密度が小さい。
- ② Ca, Sr, Ba の単体は、水と反応して水素を発生し、その生成物を含む水溶液は強い塩基性を示す。
- ③ Mg の単体は、その元素を含む化合物の熔融塩電解によって得られる。
- ④ 炎色反応による成分元素の検出では、Ca は青色、Sr は赤色、Ba は紫色を示す。
- ⑤ 原子番号38のSrでは、K殻に2個、L殻に8個、M殻に18個、N殻に10個の電子が配置される。

問2 次に示す①～④の乾燥剤は、酸性または塩基性である。それぞれの乾燥剤はどちらの性質を示すか分類し、数字で答えよ。

- | | |
|----------|-----------|
| ① 十酸化四リン | ② 酸化カルシウム |
| ③ 濃硫酸 | ④ ソーダ石灰 |

問3 下線部(a)について、 CaCl_2 を乾燥剤として使用できない気体はどれか。最も適当なものを次の①～④のうちから一つ選び、数字で答えよ。

- | | |
|---------|---------|
| ① 硫化水素 | ② アンモニア |
| ③ 二酸化炭素 | ④ 塩化水素 |

問4 下線部(b)の現象を確かめるために、33.3 g の CaCl_2 を 10.0 kg の水に溶かした水溶液を調製した。この溶液の凝固点は何℃か。ただし、 CaCl_2 は水溶液中ですべて電離するものとする。また、水の凝固点を 0.00℃、水のモル凝固点降下は 1.85 (K・kg/mol) とする。

問5 下線部(c)はどのようにして生じるか。式(1)を用いて、鍾乳洞と鍾乳石が形成するしくみをそれぞれ説明せよ。

〔2〕 次の文章を読んで、後の問い(問1～5)に答えよ。

表1に難溶性塩の溶解度積 K_{sp} の値を示す。 K_{sp} の値は、沈殿生成を考えるための指標となる。

表1 難溶性塩の溶解度積 K_{sp} (25℃)

難溶性塩	沈殿の色	溶解度積 K_{sp}
塩化銀 AgCl	【 ア 】	【 A 】(mol/L) ²
臭化銀 AgBr	【 イ 】	5.2×10^{-13} (mol/L) ²
クロム酸銀 Ag ₂ CrO ₄	【 ウ 】	3.6×10^{-12} (mol/L) ³

問1 表1に示した難溶性塩が水に溶けきれずに生じる沈殿の色【ア】～【ウ】として、最も適当なものを次の①～⑧のうちからそれぞれ一つ選び、数字で答えよ。

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| ① 黒色 | ② 灰緑色 | ③ 淡桃色 | ④ 淡黄色 |
| ⑤ 赤褐色 | ⑥ 緑青色 | ⑦ 濃青色 | ⑧ 白色 |

問2 難溶性塩である AgCl は、水にわずかに溶けて飽和水溶液となる。AgCl の飽和水溶液の濃度がわかれば、 K_{sp} の値を求めることができる。25℃において、AgCl の飽和水溶液の濃度は 1.34×10^{-5} mol/L であった。表1中の【A】に入る値を求めよ。

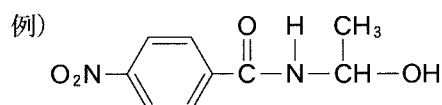
問3 25℃において、 2.0×10^{-3} mol/L の硝酸銀 AgNO₃ 水溶液に塩化物イオン Cl⁻ を含む水溶液を加えていくとき、Cl⁻ の濃度が何 mol/L より濃くなれば、AgCl の沈殿が生じると考えられるか。ただし、Cl⁻ を含む水溶液を加えることによる体積変化は無視できるものとする。

問4 塩化カリウム KCl と臭化カリウム KBr を水に溶かして、混合水溶液を調製した。25℃において、この混合水溶液中の塩化物イオン Cl⁻ は濃度未知であるが、臭化物イオン Br⁻ の濃度は 2.0×10^{-3} mol/L である。ここに AgNO₃ 水溶液を徐々に加えていくと、AgCl と AgBr が同時に沈殿した。もとの混合水溶液中の Cl⁻ の濃度は何 mol/L か。ただし、AgNO₃ 水溶液を加えることによる体積変化は無視できるものとする。また、KCl と KBr は水に溶けやすい塩であり、水溶液中で完全に電離するものとする。

問5 塩化物イオン Cl⁻ とクロム酸イオン CrO₄²⁻ を含む混合水溶液がある。25℃において、混合水溶液中の Cl⁻ の濃度は 1.0×10^{-2} mol/L、CrO₄²⁻ の濃度は 1.0×10^{-3} mol/L である。次の問い(i)と(ii)に答えよ。

- (i) この混合水溶液に AgNO₃ 水溶液を徐々に加えたとき、AgCl と Ag₂CrO₄ のどちらが先に沈殿するか。
- (ii) (i)の順で沈殿が生じる理由を説明せよ。ただし、説明では沈殿生成の目安となる銀イオン Ag⁺ の濃度 mol/L を示すこと。また、AgNO₃ 水溶液を加えることによる体積変化は無視できるものとする。

〔3〕 次の文章Ⅰ～Ⅳを読んで、後の問い(問1～7)に答えよ。なお、構造式は例にならって示せ。



- Ⅰ 炭素原子にニトロ基-NO₂が直接結合した化合物をニトロ化合物という。ベンゼンに濃硝酸と **ア** の混合物(混酸)を作用させると、ニトロベンゼンが生じた。実際には、硝酸が解離して生じるニトロニウムイオン NO₂⁺ がベンゼンと反応し、ニトロ化が進行する。
- Ⅱ ニトロベンゼンにスズ Sn と濃塩酸を加えて加熱すると、水溶性のアニリン塩酸塩が生じた。その後、水酸化ナトリウム水溶液を加えると、油状成分の アニリン が生成した。ニトロ化合物の還元反応には、ニッケルや白金を触媒とし、水素を用いた工業的合成法も知られている。
- Ⅲ アニリンに無水酢酸を作用させると、115℃の融点で アミド結合 をもつ化合物(**A**)が生じた。一方、アニリンの希塩酸溶液を 0～5℃ で氷冷しながら、 **イ** 水溶液を加えると、塩化ベンゼンジアゾニウムが生じた。しかし、塩化ベンゼンジアゾニウムは、その水溶液の温度が上がると、加水分解しやすいので、その取扱いには注意が必要である。
- Ⅳ 化合物(**A**)は解熱作用を示すが、副作用が強く、現在は使用されていない。しかし、*p*-ニトロフェノールの文章Ⅱで示した還元反応と無水酢酸によるアセチル化によって得られた化合物(**B**)は、副作用の少ない 解熱鎮痛薬 として市販されている。

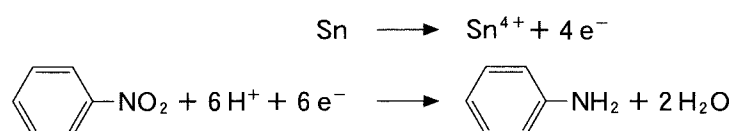
問1 文章中の **ア** と **イ** に該当する試薬の名称と、化合物(**A**)と(**B**)に該当する構造式をそれぞれ書け。

問2 表1には、一置換ベンゼン(C₆H₅R)のモノニトロ化反応の相対速度と異性体分布(%)を示している。相対速度とは、ベンゼン(C₆H₆)の反応速度を1としたとき、置換基 R をもつベンゼン誘導体の反応速度である。次の問い(i)と(ii)に答えよ。

一置換ベンゼン (C ₆ H ₅ R)の置換基 R	相対速度	異性体分布(%)		
		オルト	メタ	パラ
-OH	1000	40	2	58
-H	1			
-NO ₂	6 × 10 ⁻⁸	5	93	2

- (i) 表1を参考に、フェノールを混酸でニトロ化して主生成物となるトリニトロ化合物(**C**)の構造式と、ニトロベンゼンを混酸でニトロ化して主生成物となるジニトロ化合物(**D**)の構造式をそれぞれ示せ。
- (ii) ニトロ化合物(**C**)と(**D**)について、一置換ベンゼン誘導体の-OH 基と-NO₂ 基が相対速度に影響する理由をニトロニウムイオン NO₂⁺ との反応から説明せよ。

問3 下線部(a)に関する反応式を、次に示した電子 e⁻ を含む2つの反応式から導くことができる。酸性条件下でアニリン塩酸塩が生成する化学反応式を完成させよ。



問4 下線部(b)に関して誤りを含むものはどれか。最も適当なものを次の①～④のうちから一つ選び、数字で答えよ。

- ① さらし粉が水溶液中で電離して生じる塩素酸イオン ClO₃⁻ によって酸化され、赤紫色を呈する。
- ② 空気中に放置すると、次第に酸化されて褐色～赤褐色に変化する。
- ③ 硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化すると、水に不溶の黒色物質を生じる。
- ④ 芳香族アミンであるアニリンは、アンモニアより弱い塩基性を示す。

問5 下線部(c)を含む高分子化合物を次の①～⑥のうちからすべて選び、数字で答えよ。

- ① ポリメタクリル酸メチル
- ② ビニロン
- ③ ナイロン6
- ④ メラミン樹脂
- ⑤ ポリペプチド
- ⑥ グリコーゲン

問6 下線部(d)に関する化学変化を反応式で表せ。

問7 下線部(e)に属する化合物を次の①～⑥のうちからすべて選び、数字で答えよ。

- ① 炭酸水素ナトリウム
- ② アセチルサリチル酸
- ③ スルファニルアミド
- ④ アセトアミノフェン
- ⑤ ペニシリン
- ⑥ ストレプトマイシン