

2024年度 入学試験問題(前期日程)

理 科

(化学基礎・化学)

教 育 学 部：学校教育教員養成課程(科学技術教育コース)

理 工 学 部：数学物理学科(理科受験)、生物科学科、化学生命理工学科、
地球環境防災学科

医 学 部：医学科

農林海洋科学部：農林資源科学科(フィールド科学コース)、
海洋資源科学科(海洋生命科学コース)

問題冊子 問題…… **I** ~ **VI** ページ…… 1 ~ 9

解答用紙…… 6 枚

下書用紙…… 1 枚

教 育 学 部：試験時間は 90 分、配点は表示の 0.5 倍とする。

理 工 学 部：試験時間は 90 分、配点は表示の 2 倍とする。

医 学 部：試験時間は 120 分(2 科目解答)、配点は表示の 0.75 倍とする。

農林海洋科学部：

(フィールド科学コース)：試験時間は 90 分、配点は表示のとおりとする。

(海洋生命科学コース)：試験時間は 90 分、配点は表示の 2 倍とする。

注 意 事 項

1. 試験開始の合図まで、この問題冊子を開かないこと。
2. 試験中に、問題冊子・解答用紙の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び下書用紙の不備等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせること。
3. 各解答用紙に受験番号を記入すること。
なお、解答用紙には、必要事項以外は記入しないこと。
4. 解答は、必ず解答用紙の指定された箇所に記入すること。
5. 解答用紙の各ページは、切り離さないこと。
6. 配付された解答用紙は、持ち帰らないこと。
7. 試験終了後、問題冊子、下書用紙は持ち帰ること。
8. 試験終了後、指示があるまでは退室しないこと。

注意：必要であれば、次の値を用いよ。なお、扱う気体はすべて理想気体とする。

原子量は $H = 1.00$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $Cu = 63.5$ とし、

気体定数は $R = 8.31 \times 10^3 \text{ L} \cdot \text{Pa} / (\text{K} \cdot \text{mol}) = 8.31 \text{ J} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。

I 次の酢酸に関する文章を読んで、各問に答えよ。なお、以下の数値計算による答えは、有効数字2桁で答えよ。(35点)

弱酸は弱電解質であり、水溶液中ではその一部が電離し、電離していない物質と電離してできたイオンが、一定の割合で存在する平衡状態になる。酢酸は、水溶液中でその一部が電離して、次のような平衡状態になる。



問1 酢酸水溶液の濃度を $c \text{ mol/L}$ 、電離度を α とするとき、平衡時の電離していない酢酸のモル濃度を c と α を用いて記せ。

問2 酢酸の電離定数 K_a を c と α を用いて記せ。ただし、酢酸の電離度は1に比べて非常に小さく、 $1 - \alpha \approx 1$ とみなすことができる。

問3 0.10 mol/L の酢酸水溶液の水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ を計算過程とともに答えよ。ただし、酢酸の電離定数は $K_a = 1.8 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 、 $\sqrt{1.8} = 1.3$ とする。

以下の操作によって、高酸度醸造酢中の酢酸の濃度を求めた。

[操作1] メスフラスコを用いて、水酸化ナトリウムの固体 約 4.0 g を純水で溶かし、 1000 mL の水酸化ナトリウム水溶液とした。

[操作2] メスフラスコを用いて、正確に量り取った純度の高いシュウ酸二水和物 $\cdot [(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ 6.30 g に純水を加え、シュウ酸水溶液 500 mL とした。

[操作3] ホールピペットとビュレットを用いて、操作2で準備したシュウ酸水溶液 10.0 mL を操作1で準備した水酸化ナトリウム水溶液により中和滴定した。この中和に要した水酸化ナトリウム水溶液の体積は、 20.0 mL であった。

[操作4] メスフラスコとホールピペットを用いて、高酸度醸造酢を純水で正確に10倍に希釈した。

[操作5] ホールピペットを用いて、操作4で10倍希釈された高酸度醸造酢 10.0 mL をコニカルビーカーにとり、指示薬Aを1滴加え、操作1で準備した水酸化ナトリウム水溶液をビュレットに入れて中和滴定した。中和に至るまでは無色であったが、中和点を越え

て滴下すると赤色に変色した。中和滴定の結果、要した水酸化ナトリウム水溶液の体積は、25.0 mLであった。

問 4 操作 2 で調製したシュウ酸水溶液のモル濃度を計算過程とともに答えよ。

問 5 操作 3 のシュウ酸水溶液を用いた中和滴定結果から、操作 I で調製した水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度を計算過程とともに答えよ。

問 6 操作 5 で使用した指示薬 A の名称を記せ。

問 7 希釈する前の高酸度醸造酢中の酢酸のモル濃度を計算過程とともに答えよ。なお、高酸度醸造酢中に含まれる酸は、全て酢酸であるとみなす。

II 次の文章を読んで、各問に答えよ。(35点)

炭水化物やタンパク質のように、炭素原子を骨格とする化合物を有機化合物という。これに対して、水や食塩などのような有機化合物以外の化合物を無機化合物という。植物は無機化合物である水と二酸化炭素から光合成により炭水化物をつくり、動物はこれを食料として摂取し、エネルギー源や多様な有機化合物の原料として利用している。食料を生産する農業においては、生産性を向上させるために肥料や農薬が用いられている。肥料としては窒素・リン・カリウムが重要であり、窒素肥料としては硫酸アンモニウムや尿素などが、リン酸肥料としては過リン酸石灰などが、カリ肥料としては塩化カリウムや硫酸カリウムなどが用いられている。一方で、農薬としては複雑な有機化合物が使われることが多いが、硫酸銅(II)のように無機化合物が使われることもある。

問 1 下線部③に関して、質量数 12 の炭素原子を構成する、陽子数、中性子数、電子数をそれぞれ記せ。

問 2 下線部⑥に関連する下記の(1)~(4)の記述のうち、正しい記述には○を、誤った記述には×を記せ。

- (1) 水分子は直線形であるため、水は極性分子を溶解しやすい。
- (2) 極性分子は水分子と水素結合を形成できるため、水に溶解しやすい。
- (3) 水分子が水和するため、塩化ナトリウム結晶は水に溶解しやすい。
- (4) 固体の塩化ナトリウムは電気を導かないが、電離した水溶液中では電気を導く。

問 3 下記の(1)~(4)の記述に該当する物質を下線部④~⑧から選び記号で記せ。該当する物質が複数ある場合は複数選び、無い場合には「なし」と記せ。

- (1) 単体
- (2) 混合物
- (3) 分子内に金属元素を含む物質
- (4) 水に溶解すると多原子の陽イオンを生じる物質

問 4 下線部④に関して、二酸化炭素が水に溶けるとわずかに炭酸イオンを生じる。この時の反応を 2 段階に分けて反応式で記せ。

問 5 下線部④に関して、硫酸アンモニウムはアンモニアと硫酸から合成される。原料となるアンモニアは窒素からハーバー・ボッシュ法によって、硫酸は二酸化硫黄から接触法によって工業的に合成できる。アンモニア合成は1段階で、硫酸合成は2段階に分けて、それぞれの化学反応式を記せ。

問 6 問5において、アンモニア合成の反応前後の窒素原子の酸化数、および硫酸合成の反応前後の硫黄原子の酸化数を記せ。

Ⅲ 次の文章を読んで、各問に答えよ。なお、イオン半径は、 Li^+ 0.090 nm, Na^+ 0.116 nm, Cs^+ 0.181 nm, Cl^- 0.167 nm, Br^- 0.182 nm, また、 $\sqrt{2} = 1.414$ とする。(30点)

陽イオンと陰イオンの数の比が1:1であるイオン結晶の構造には、NaCl型、CsCl型、ZnS型などの種類がある。結晶がいずれの構造をとるのかは、構成する陽イオンと陰イオンの大きさの比によって推定できる。

NaCl型構造では、陽イオンは (ア) 個の陰イオンと接している。ここで、それぞれのイオンは硬い球であると考え、下図のNaCl型構造において、単位格子の1辺の長さ l 、陽イオン(●)の半径 r^+ 、陰イオン(○)の半径 r^- とすると、

$$(イ) \times l = r^+ + r^-$$

がなりたつ。また、陰イオンが大きくて最も近い陰イオンどうしが接しているときを考えると、このとき、

$$(ウ) \times l = r^-$$

がなりたつ。これらの2つの式より、陽イオンと陰イオンが接していて、陰イオンどうしも接しているときのイオン半径の比 r^+/r^- は、

$$(エ) = r^+/r^-$$

と求めることができる。

イオン結晶では、陽イオンと陰イオンは、静電的な力により引き合うことで接する。一方、陰イオンどうしが接すると、反発力が働いて不安定になる。したがって、配位数 (ア) のNaCl型構造をとることができるのは、イオン半径の比 r^+/r^- が (エ) よりも (オ) 場合である。

同様に、配位数8のCsCl型構造をとることができるのはイオン半径の比 r^+/r^- が0.732より (カ) 場合であり、配位数4のZnS型構造をとることができるのはイオン半径の比 r^+/r^- が0.225より (キ) 場合である。

問1 (ア) ~ (オ) に当てはまる数字および語を記せ。

ただし、(ウ), (エ) には数値を有効数字3桁で、(オ) には「大きい」または「小さい」のうちどちらか適切な語を記せ。

問2 上の文章をふまえて、NaCl型構造が最も安定になるイオン半径の比 r^+/r^- の範囲を記せ。ただし、陽イオンと陰イオンの数の比が1:1であるイオン結晶の構造はNaCl型、CsCl型、ZnS型のいずれかであり、配位数が多い結晶がより安定であるとする。

問3 以下のイオン結晶について、イオン半径の比からイオン結晶の構造を推定し、計算過程とともに記せ。

(ア) LiBr (イ) CsBr

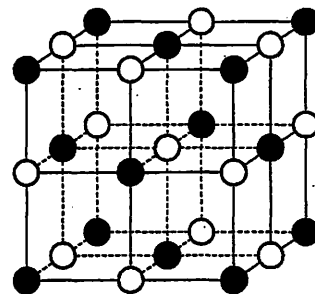
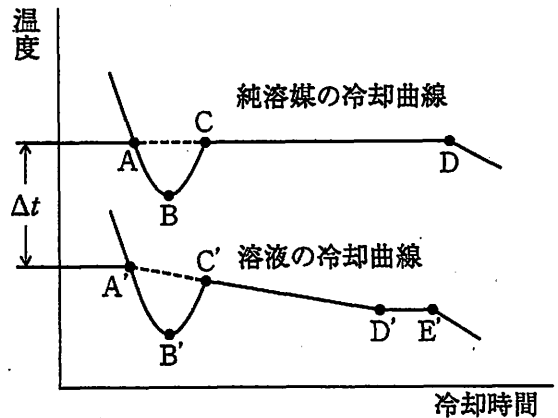


図 NaCl型構造

IV 次の文章を読んで、以下の各問に答えよ。(35点)

問 1 純溶媒と溶液の沸点の差 Δt [K] を沸点上昇度という。非電解質の希薄溶液では、沸点上昇度 Δt [K] は、溶質の種類に無関係で、溶液の質量モル濃度 m [mol/kg] に比例する。グルコース ($C_6H_{12}O_6$; モル質量 180 g/mol) 0.900 g を水 100 g に溶かして溶液 A を調製したところ、その溶液 A の沸点は水の沸点よりも 0.026 K 高くなった。次に、電離しないことがわかっている未知試料 B 15.0 g を水 1.00 kg に溶かして溶液 C を調製したところ、その溶液 C の沸点は水の沸点よりも 0.052 K 高くなった。未知試料 B のモル質量を推定し、計算過程とともに、有効数字 2 桁で答えよ。

問 2 多くの液体は、冷却していくと固体に変化する。右の図は、純溶媒と溶液の冷却曲線である。純溶媒と溶液の凝固点の差 Δt [K] を凝固点降下度という。凝固する際に、過冷却がおこると、凝固点よりも温度の低い状態 B (または B') を経て凝固が始まり、① ② 少し温度が上昇し、凝固が進行する。 また、純溶媒では、凝固が進行している間 (C から D) で、冷却と凝固熱で熱のつり合いが取れるため、温度が一定となる。一方、② 溶液では、C' から D' で冷却曲線が右下がりになる。



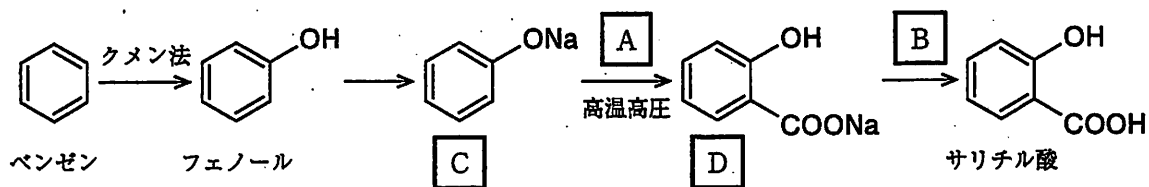
- (1) 下線部①の、B から C (B' から C') で温度が上昇する理由を簡潔に説明せよ。
- (2) 下線部②の、溶液で C' から D' で冷却曲線が右下がりになる理由を、この間で起きている溶液の濃度変化にもとづいて簡潔に説明せよ。
- (3) 凝固点降下が起こるしくみを、「溶媒分子」および「凝固」の語句を用いて簡潔に説明せよ。

V

次の文章を読んで、各問に答えよ。構造式は例にならって描け。(30点)

人々は生活のためにさまざまな有機化合物を利用している。例えばサリチル酸は鎮痛作用などを示す医薬品として利用されている。古くはヤナギなどの植物に含まれるものが利用されていたが、サリチル酸の化学構造が解明されると化学合成されたものが直接服用されるようになった。[Ⓐ]ところがこのサリチル酸は胃痛などの副作用を引き起こすことから、現在は、アセチルサリチル酸が解熱鎮痛剤として一般的に使用されている。一方で、サリチル酸をメチルエステル化したサリチル酸メチルは湿布薬などの消炎鎮痛剤として使われている。[Ⓑ]

問 1 下線部Ⓐに関してサリチル酸は現在、以下の経路にて合成することが可能である。これについて以下の(1)~(4)に答えよ。



- (1) A と B には、各反応に必要な物質が入る。それぞれ化学式で記せ。
- (2) C と D には物質名が入る。それぞれ記せ。
- (3) クメン法にてベンゼンに作用させる炭素数3の物質名を記せ。
- (4) クメン法にてフェノールと共に生成する炭素数3の物質名を記せ。

問 2 下線部Ⓑに関して、サリチル酸からアセチルサリチル酸を合成するときに使われる酸無水物の名称と構造式を答えよ。

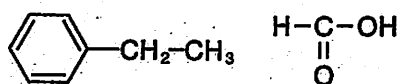
問 3 下線部Ⓒの反応を化学反応式で記せ。

問 4 以下の(1)~(4)の記述に当てはまる物質を以下のⒶ~Ⓒからすべて選び記号で記せ。該当する物質が無い場合には「なし」と記せ。

- Ⓐ サリチル酸 Ⓑ アセチルサリチル酸 Ⓒ サリチル酸メチル

- (1) 塩化鉄(Ⅲ)水溶液で呈色する物質
- (2) プロモチモールブルー(BTB)溶液で黄色を呈色する物質
- (3) 融点が最も低い物質
- (4) 炭酸水素ナトリウム水溶液に溶解しない物質

構造式の例



VI 次の文章を読んで、各問に答えよ。(35点)

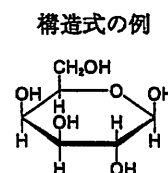
セルロースは分子式 $(C_6H_{10}O_5)_n$ で表される多糖類の一つであり、多数の β -グルコースが脱水縮合した構造をもつ高分子化合物である。セルロースの分子は、となり合うグルコース単位が交互に糖の環平面の上下の向きを変えながらグリコシド結合しているため、分子全体では (ア) 構造をしている。このため、セルロース分子同士が平行に並びやすく、分子内および分子間に多くの (イ) 結合が形成され、強い繊維状の物質となる。実際、セルロースは衣料品や紙製品などに広く利用されており、綿、ろ紙などは比較的純粋なセルロースからなる。また、セルロースに濃硝酸と濃 (ウ) の混合物(混酸)を反応させると、その硝酸エステルである (エ) が得られ、これは無煙火薬の原料として使われる。さらに、(エ) の一部を加水分解したものはセルロイドの原料となる。

セルロースは熱水にも多くの有機溶媒にも溶けない。また、セルロースはデンプンと比べて加水分解されにくい。希 (ウ) を加えて長時間加熱すると加水分解されてグルコースになる。また、セルロースを (オ) などの酵素によって分解すると二糖の (カ) となる。

問1 (ア) ~ (カ) に当てはまる最も適切な語句を次の中から一つ選び、(a)~(r)の記号で記せ。

- (a) アミラーゼ (b) イオン (c) 枝分かれ (d) 塩酸 (e) 酢酸
 (f) ジニトロセルロース (g) 水素 (h) スクロース (i) セルラーゼ
 (j) セロビオース (k) 直鎖状 (l) トリアセチルセルロース
 (m) トリニトロセルロース (n) 配位 (o) マルターゼ (p) マルトース
 (q) らせん状 (r) 硫酸

問2 2分子の β -グルコースが脱水縮合してできる二糖 (カ) の構造式を右の例にならって描け。



問3 下線部の反応について、化学反応式を記せ。ただし、生成物 (エ) は示性式を用いて表せ。

問4 セルロース 32.4 g を酵素 (オ) を用いて加水分解した結果、全て二糖 (カ) となった。このとき、何 g の (カ) が得られるか、計算過程とともに有効数字3桁で答えよ。

問5 問4で得られた (カ) をさらに加水分解した後、十分量のフェーリング液を作用させたところ、酸化銅(I)の赤色沈殿が得られた。加水分解率が30.0%であった場合、得られる沈殿の質量を計算過程とともに有効数字3桁で答えよ。なお、還元性を示す糖 1 mol から酸化銅(I)が 1 mol 生成するものとする。

以下白紙