

(前期日程)

令和 4 年度 理 科 物理基礎・物理(物理) 化学基礎・化学(化学)

科目の選択方法

教育学部の受験者

届け出た 1 科目を解答すること。

理学部の受験者

物理受験の者は、物理基礎・物理(物理)を解答すること。

化学受験の者は、化学基礎・化学(化学)を解答すること。

医学部の受験者

物理基礎・物理(物理)と、化学基礎・化学(化学)を解答すること。

工学部の受験者

届け出た 1 科目を解答すること。

農学部の受験者

届け出た 1 科目を解答すること。

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 出題科目およびページは、下表のとおりです。

出 題 科 目	ページ
物理基礎・物理(物理)	1～13
化学基礎・化学(化学)	14～23

- 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 すべての解答用紙に受験番号を記入しなさい。
- 5 解答は、すべて解答用紙の指定のところに記入しなさい。
- 6 解答用紙はすべて机の上に出しておくこと。机の中に入れてはいけません。

化学基礎・化学（化学）

すべての受験者は、**1**～**5**の全問を解答しなさい。

なお、問題を解くのに必要があれば、下記の数値を用いなさい。

原子量 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $Mg = 24.3$, $S = 32.0$, $Cl = 35.5$

1 次のⅠ，Ⅱの問いに答えなさい。

Ⅰ. 次の文章を読み、問1～問4に答えなさい。

2個の原子同士がお互いの電子を出し合い電子対を作ることによって生じる結合を、**ア**という。一方の原子の非共有電子対を原子間で共有することによって生じる結合を、特に**イ**という。異なる原子間の結合では、共有された電子対が**ウ**の大きい原子の方に偏るため、結合は極性を持つ。極性分子の間だけではなく、無極性分子の間にも弱い引力が働いている。①

問1 **ア**～**ウ**に当てはまる適切な語句を答えなさい。

問2 下線部①について、このような分子間力を何と呼ぶか答えなさい。

問3 次の中から極性分子を一つ選び、記号で答えなさい。

(a) N_2

(b) CO_2

(c) CH_2Cl_2

(d) CCl_4

問4 周期表14～17族の元素の水素化合物の分子量と1気圧のもとでの沸点との関係をグラフに示すと図1のようになった。

- (1) グラフ中の矢印で示した水素化合物aおよびbの分子式を答えなさい。
- (2) グラフ中の水素化合物aの沸点は、その分子量から予測される値よりも異常に高い値を示している。この原因となる分子間力を答えなさい。

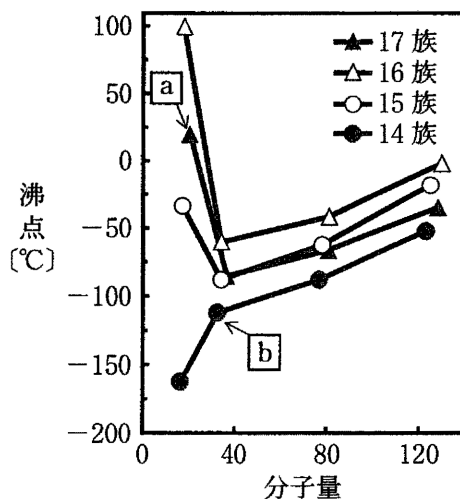


図1

II. 次の文章を読み、問 1 ～問 2 に答えなさい。

純水、質量モル濃度 0.100 mol/kg のスクロース(ショ糖, $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)水溶液, および質量モル濃度 0.100 mol/kg の塩化マグネシウム水溶液がある。これらの飽和蒸気圧と温度の関係を調べると、図 2 のようになった。このとき、沸点の差 Δt_2 は Δt_1 の 2 倍であった。ただし、水のモル沸点上昇 K_b を $0.52 \text{ K}\cdot\text{kg/mol}$ とし、電解質は完全に電離しているものとする。

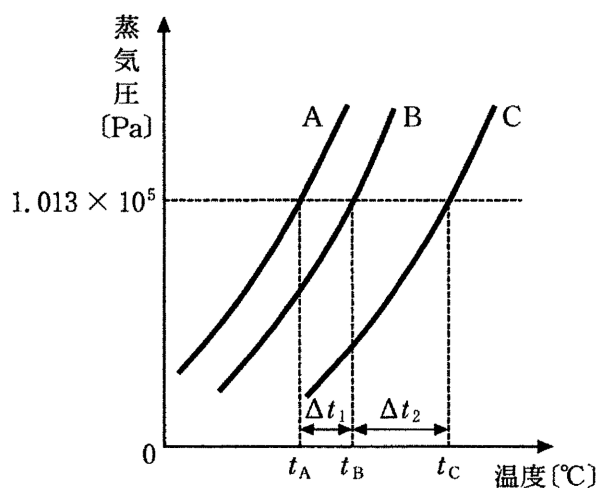


図 2

問 1 このスクロース水溶液 0.100 kg と同じ沸点上昇度を得るためには、 0.100 kg の水にグルコース(ブドウ糖, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)を何 g 溶かせばよいか。有効数字 2 桁で求めなさい。

問 2 水溶液 C の沸点上昇度 ($\Delta t_1 + \Delta t_2$) を、有効数字 2 桁で求めなさい。

2 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

化学反応が起こるためには、反応物質の持つ化学エネルギーが小さくなる反応においてもエネルギーを得て一時的に不安定な状態になる必要がある。この状態を ア 状態といい、この状態になるための最小のエネルギーを ア エネルギーという。この ア エネルギーは イ の存在下では小さくなり反応が進みやすくなる。化学反応において イ は反応の前後でそれ自身に変化はないが、反応速度を変化させる物質であり、酸化マンガン(IV)がその一例である。過酸化水素水に酸化マンガン(IV)を加えると、過酸化水素が分解して酸素が生成する反応が促進される。^①

また温度の変化によっても反応速度は変化する。これは温度が上がると粒子同士の衝突が増えるだけでなく、高いエネルギーを持つ分子が多くなり衝突した際に ア 状態になりやすくなるからである。10℃温度を上げると反応速度が2倍になる化学反応で、60℃のときに10分で反応が終わる化学反応は20℃のときでは ウ 分かかる。

過酸化水素の分解について実験を行った結果を表1に示す。実験は25℃、1気圧の条件下で1.00 mol/Lの過酸化水素水を5.0 mL分解したときの各時間における過酸化水素の濃度を求めたものである。ただし、過酸化水素水の体積変化、酸素の水への溶解は無視できるものとする。

表1

反応時間 [s]	0	30	60	90	120
過酸化水素濃度 [mol/L]	1.00	0.52	0.34	0.22	0.13
平均反応速度 [mol/(L・s)]		1.6×10^{-2}	0.60×10^{-2}	0.40×10^{-2}	エ

問 1 ～ に適切な語句，数値を入れなさい。

問 2 酸化マンガン(IV)の化学式を書きなさい。

問 3 下線部①における過酸化水素の分解反応の化学反応式を書きなさい。

問 4 表 1 において は反応開始後 90 秒から 120 秒までの平均反応速度である。 に入る平均反応速度は何 mol/(L・s) になるか，有効数字 2 桁で答えなさい。

問 5 表 1 において，反応開始後 0 秒から 30 秒までの酸素の平均発生速度は何 mol/s になるか，有効数字 2 桁で答えなさい。

問 6 生体内においてもカタラーゼにより過酸化水素の分解が促進されている。このように生体内で として働く物質のことを何というか，答えなさい。

3 次のⅠ、Ⅱの問いに答えなさい。

Ⅰ. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

金、銀、銅は単体として産出することが多く、錆びにくく金属光沢を失いにくいので、ア とよばれ、古くから装飾品や貨幣に使われてきた。金、銀、銅は周期表のイ 族に属する元素で、熱や電気の伝導性が高く、展性や延性の大きな金属である。電気伝導性に関しては、3つのなかではウ が最も大きい。

金は自然界に単体で存在し、銀や銅と同じくエ 立方格子の結晶構造である。また金の単体はオ が極めて小さくて、反応性に乏しく、通常の酸・塩基などとは反応しないが、濃硝酸と濃塩酸の体積比1：3の混合溶液であるカ には溶解する。

銀は酸化数キ の化合物をつくる。天然に存在する褐色のA を加熱すると単体の銀が得られる。単体の銀は塩酸や希硫酸とは反応しないが、酸化力の強い濃硝酸には二酸化窒素を発生して溶ける。^①

銅は単体として自然界にも存在するが、多くは黄銅鉱から得られる粗銅を電解精錬することによって純度の高い銅を得ることができる。銅は酸化数ク の化合物が多いが、酸化数+1のものもある。単体の銅は塩酸や希硫酸には溶けないが、酸化力の強い希硝酸には一酸化窒素を発生して溶ける。また銅を空气中で高温^②加熱すると赤色のB になる。

問 1 ア ～ ク に適切な語句、数値を入れなさい。またA とB には適切な化学式を入れなさい。

問 2 下線部①および②の化学変化を化学反応式で答えなさい。また発生する気体の適切な捕集法は何置換であるかを答えなさい。

II. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

[a] Ag^+ と Pb^{2+} を含む溶液に希塩酸を加えると白色の沈殿が生じた。これをろ過し、固体(α)と固体(β)の混合物である固体($\alpha + \beta$)とろ液(1)に分離した。固体($\alpha + \beta$)はそのままろ紙上に残し、ろ液(1)は廃液タンクに捨てた。次に、新たにビーカーをロートの下に置き、ろ紙上の固体($\alpha + \beta$)に熱湯を注ぐと、固体(α)が溶けてビーカーにろ液(2)が得られ、ろ紙上には固体(β)が残った。得られたろ液(2)に硝酸を加えて酸性を確認したのち、クロム酸カリウム水溶液を加えると黄色の沈殿(A)が生じた。別のビーカーをロートの下に置き、ろ紙上の固体(β)に対して、アンモニア水溶液を注ぐと、ろ紙上の固体(β)が溶けて、ろ液(3)を得た。このろ液(3)に塩酸を加えて酸性にすると、白色の沈殿(B)が生成した。

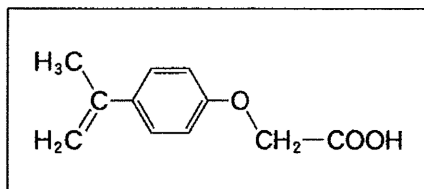
[b] Cu^{2+} と Pb^{2+} を含む溶液に希硫酸を加え、蒸発皿に移してドラフト内で加熱濃縮すると白色の沈殿(C)が生じた。これを放冷したのち、純水を加えてろ過し、沈殿(C)と青色のろ液(4)に分離した。ろ液(4)にアンモニア水溶液を加えてアルカリ性にしていくと、はじめ青白色の沈殿(D)が得られたが、アンモニア水溶液を過剰に加えると、沈殿(D)が溶けて溶液の色が深青色に変化した。

問 1 沈殿(A)～(D)の物質を化学式で答えなさい。

問 2 下線部①と②で起こる化学変化をイオン反応式で答えなさい。

- 4 次の文章を読み、問 1 ～問 6 に答えなさい。構造式は以下の記入例にならって書きなさい。

記入例



4 種の有機化合物 (A, B, C, D) があり、そのうち 3 つはトルエン、ベンゼン、*o*-クレゾールで、もう 1 つは *o*-クレゾールの構造異性体である。15.6 mg の化合物 A を完全燃焼させたところ、10.8 mg の化合物 E と 52.8 mg の化合物 F が生じた。化合物 A を五酸化バナジウム存在下で高温処理すると、分子式 $C_4H_2O_3$ の化合物 G が得られた。各化合物 (A ～ D) の希薄水溶液に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると、化合物 B の水溶液のみ青色に呈色した。各化合物 (A ～ D) を過マンガン酸カリウムと反応させると、化合物 B および C のみ酸化され、その後、硫酸で処理すると、化合物 B の酸化物からは化合物 H が得られ、化合物 C の酸化物からは化合物 I が得られた。

問 1 化合物 E, F の分子式を書きなさい。

問 2 化合物 G, H, I の名称(慣用名)を書きなさい。

問 3 化合物 A ～ D の構造式を書きなさい。

問 4 化合物 A ～ D のうち、1 気圧、20℃で固体であるものはどれか、記号で 1 つ答えなさい。

問 5 21.6 mg の化合物 B を完全燃焼させた。化合物 B と反応した酸素は何 mg か、また、生じた化合物 E および F はそれぞれ何 mg か、有効数字 3 桁で答えなさい。

問 6 化合物 G は化合物 J を加熱脱水することによっても得られる。化合物 J の構造式を書きなさい。

化学の試験問題は次ページに続く。

5 次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

合成高分子化合物のうち、溶液中のイオンと高分子化合物中のイオンを交換する働きを持つものをイオン交換樹脂という。スチレンに少量の *p*-ジビニルベンゼンを重合させると立体網目構造の高分子化合物が得られる。このように2種類以上の単量体を混合して重合させることを **ア** という。この高分子化合物に、酸性または塩基性の官能基を導入することによりイオン交換樹脂が得られる。スルホ基($-\text{SO}_3\text{H}$)のような酸性の官能基を導入したイオン交換樹脂を **イ** イオン交換樹脂という。**イ** イオン交換樹脂に食塩水を入ると、樹脂中の **A** と食塩水中の **B** が交換される。また、トリメチルアンモニウム基($-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3\text{OH}^-$)のような塩基性の官能基を導入したイオン交換樹脂を **ウ** イオン交換樹脂という。**ウ** イオン交換樹脂に食塩水を入ると、樹脂中の **C** と食塩水中の **D** が交換される。**イ** イオン交換樹脂と **ウ** イオン交換樹脂を混合して円筒に詰め、上から食塩水を流すと、水の電離で生じるイオン以外のイオンを含まない水が得られる。これを **エ** といい、工場などで蒸留水の代わりに使用される。

イオン交換樹脂を膜状に成形したものをイオン交換膜という。**イ** イオン交換膜は、**イ** イオンのみを通過させるが、**ウ** イオンは通過させない。また、**ウ** イオン交換膜は、**ウ** イオンのみを通過させるが、**イ** イオンは通過させない。図1のように交互に設置したイオン交換膜によって、食塩水を入れた水槽を5室

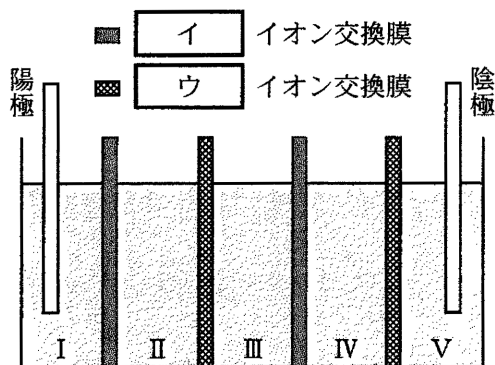


図1

に仕切り、その両端に挿入した電極間に直流電流を流すと、イオン交換膜で区切られた場所に食塩の濃縮液と希釈液が得られる。この方法により海水から食塩が製造される。

問 1 文中の ア ～ エ に適した語句を答えなさい。

問 2 文中の A ～ D に適したイオン式を答えなさい。

問 3 下線部①について、通電により両電極から気体が発生する。(1)陽極と(2)陰極で起こる反応を、それぞれ電子 e^- を含むイオン反応式で書きなさい。

問 4 下線部②について、食塩の濃縮液が形成される場所は、図 1 の I から V のいずれか、すべて答えなさい。

問 5 平均分子量 4.68×10^4 のポリスチレン(図 2)を濃硫酸とともに加熱したところ、一部のベンゼン環のパラ位の上にスルホ基が導入された重合体(重合体 X)が得られた。重合体 X の元素分析の結果、重合体 X に対する硫黄 S の質量百分率は、10.0 % であった。硫黄はすべて、重合体 X に由来した。

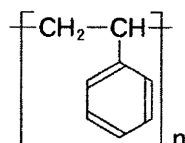


図 2

- (1) 下線部③のポリスチレン 1 本に含まれるベンゼン環の平均個数を答えなさい。
- (2) 下線部④の重合体 X の平均分子量を有効数字 3 桁で答えなさい。

