

令和 2 年度

理工学群化学類

推薦入試

小 論 文

試 験 問 題

注意事項

- ① 問題Ⅰ～Ⅲは別々の解答用紙に解答し、各用紙の左上に問題番号を記入すること。
- ② 解答が書ききれない場合は、「裏へ」と明記の上で、その解答用紙の裏面に続けて書くこと。
- ③ 試験時間は120分とする。
- ④ 解答に必要な場合は、次の数値を用いること。

原子量: $\text{H} = 1.0$ 、 $\text{C} = 12$ 、 $\text{O} = 16$ 、 $\text{Na} = 23$

問題 I

次の英文を読み、問1～6に答えよ。

Water is a unique substance in that it is the only substance that expands when it freezes. This is due to the hydrogen bonding between water molecules. The hydrogen bonds are stronger than the van der Waals forces found in most other liquids. This causes the water molecules to form a more open, crystalline structure when they freeze. This structure is less dense than the liquid state, which is why ice floats on water. The density of ice is approximately 0.92 g/cm³, while the density of liquid water is approximately 1.00 g/cm³. This property of water is crucial for life on Earth, as it allows ice to form a protective layer on top of bodies of water, preventing them from freezing solid. This layer of ice also insulates the water below, allowing aquatic life to survive the winter months. The unique properties of water are a result of its molecular structure and the hydrogen bonding between its molecules.

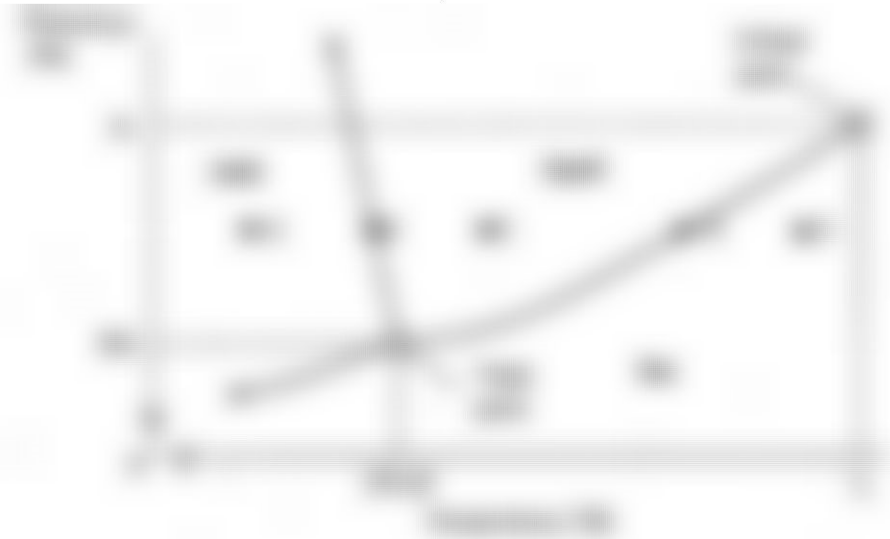


Figure 1. A qualitative, partial phase diagram (pressure versus temperature) of H_2O . Specific points in a phase diagram (like points A, B, C, D, and E here) indicate conditions of pressure and temperature and what phase(s) of the component are stable under those conditions.

The phase diagram for water is a plot of pressure versus temperature. It shows the regions of stability for the three phases of water: solid (ice), liquid (water), and gas (steam). The triple point is the only point where all three phases coexist in equilibrium. The critical point is the highest temperature and pressure at which a liquid can exist. The boiling point of water at 1 atm is 100°C. The melting point of ice at 1 atm is 0°C. The phase diagram for water is unique because the solid-liquid phase boundary has a negative slope, which is a result of the hydrogen bonding between water molecules. This property of water is crucial for life on Earth, as it allows ice to float on water, which insulates the water below and prevents it from freezing solid. The phase diagram for water is a fundamental tool for understanding the behavior of water under different conditions of pressure and temperature.

注：phase diagram 相図（状態図）， equilibrium 平衡， predominant 主な，
gaseous 気体の， solidify 凝固する， sublimation 昇華， freezer 冷凍室，
indistinguishable 区別がつかない， verifiable 検証できる

D. W. Ball 著， Physical Chemistry 2nd Edition (Cengage Learning, 2014)より抜粋
（一部改変）

問1 次の（ ）内の語句を並び替えて下線部(a)を英訳せよ。

The phase diagram (the temperature and pressure / occurs / of / that / indicate /
lines / itself / values / which / composed / at / is / phase equilibrium) .

問2 下線部(b)を80字程度に和訳せよ。

問3 超臨界状態とはどのような状態か。本文に即して20字程度で答えよ。

問4 冷凍食品を冷凍庫に長期間保存しておくで“freezer burn”がおこる理由を
本文に即して20字程度で説明せよ。

問5 下線部(c)のように水の三重点が温度の基準として用いられてきた理由
を，温度，圧力の2語を用い本文に即して30字程度で述べよ。

問6 容積 V_1 のピストン付き容器を圧力 p_1 の気体の水で満たした。ただし，こ
の容器には水以外の物質は入っていないものとする。このピストンを
ゆっくり押し，容積を $\frac{V_1}{2}$ にしたところ，水の凝縮が始まった。さらに
ゆっくり圧縮したところ，容積 V_2 で水はすべて液体になった。この時，
容器内の温度は常に一定であったものとし，この温度における水の飽和
蒸気圧を p_w とする。 $V_2 \leq \text{容積} \leq V_1$ の範囲における容器内の圧力と容
積との関係を，縦軸に圧力，横軸に容積をとった図で描け。図には
圧力 p_1 および p_w ，容積 V_1 ， $\frac{V_1}{2}$ および V_2 を明示せよ。

問題Ⅱ

以下の問 1 ～ 6 に答えよ。

問 1 多くの元素は、いくつかの同位体を有している。同位体とは何か、陽子および中性子という用語を用いて40字以内で説明せよ。

問 2 遷移元素の性質を示す以下の①～⑤の文章のうち、誤っているものをすべて選び、番号で答えよ。

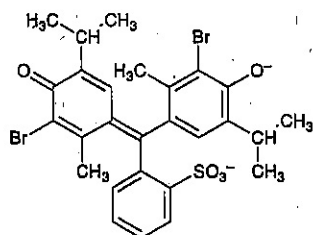
- ① 遷移元素の単体は密度が小さく、融点の低いものが多い。
- ② 遷移元素には、1つの元素が複数の酸化数をとるものが多い。
- ③ 遷移元素の単体は、すべて銀白色を示す。
- ④ 遷移元素のイオンや化合物には、有色のものが多い。
- ⑤ 遷移元素の化合物には、触媒作用を示すものが多い。

問 3 銅を熱濃硫酸に溶かす反応に関して、以下の(1)、(2)に答えよ。

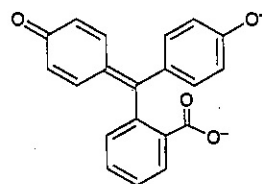
- (1) この反応を反応式で表せ。
- (2) (1)の反応で得られた銅を含む化合物を水から再結晶した。この時、生じた結晶の色を記せ。また結晶化した化合物を化学式で表せ。

問 4 ブレンステッドによる酸・塩基の定義を100字程度で述べよ。ただし、アレニウスによる酸・塩基の定義との違いを明示すること。

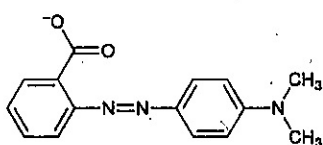
- 問 5 中和滴定に使われる指示薬は、使用できるpHの範囲が決まっている。次に示す指示薬①～④について、変色域が酸性側のものから塩基性側のものの順に、左から右へ指示薬番号を並べよ。ただし、下の図は、塩基性条件での指示薬の構造を示す。



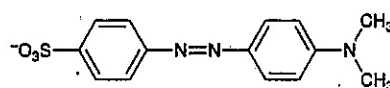
① ブロモチモールブルー



② フェノールフタレイン



③ メチルレッド

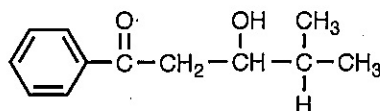


④ メチルオレンジ

- 問 6 濃度未知の水酸化ナトリウム水溶液20.0 mLをビーカーにとり、ビュレットに 2.32×10^{-2} mol/Lのシュウ酸水溶液を入れ、14.5 mL滴下したところ、中和反応が完了した。この水酸化ナトリウム水溶液の濃度を有効数字2桁で求めよ。

問題Ⅲ

次の文章を読み、問1～3に答えよ。有機化合物の構造式は下図にならって示せ。なお、構造式において、光学異性体は区別しないものとする。



炭素、水素、酸素からなるカルボン酸Aとカルボン酸Bがある。AとBは互いに構造異性体の関係にあり、その分子量は118である。A、Bそれぞれのメタノール溶液に、少量の酸を加えて加熱した。Aからは、不斉炭素原子をもつ分子量132の化合物Cと、不斉炭素原子をもたない分子量146の化合物Dが生成した。Bからは、化合物Eと化合物Fが生成した。Eに飽和炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると発泡したが、Fに飽和炭酸水素ナトリウム水溶液を加えても発泡しなかった。

問1 カルボン酸Aについて、以下の(1)～(3)に答えよ。

- (1) カルボン酸Aがもつカルボキシ基の数を答えよ。
- (2) カルボン酸Aの構造式を示せ。
- (3) 化合物C、Dの構造式をそれぞれ示せ。また、不斉炭素原子は○で囲んで示せ。

問2 カルボン酸Bについて、以下の(1)～(4)に答えよ。

- (1) カルボン酸Bの構造式を示せ。
- (2) 化合物E、Fの構造式をそれぞれ示せ。
- (3) 化合物Eに飽和炭酸水素ナトリウム水溶液を加えた時に発生した気体の名称を答えよ。
- (4) カルボン酸B 0.100 molから、化合物Eが0.050 mol、化合物Fが0.050 mol生成した。この時生成した水の質量を、有効数字2桁で求めよ。

問3 安息香酸とフェノールの混合物から安息香酸だけを取り出す方法を考え、200～300字程度で説明せよ。ただし、安息香酸だけを取り出せる理由も説明に含めること。必要な試薬や器具があれば用いてよい。