

平成 20 年度前期日程入学試験学力検査問題

理 科

平成 20 年 2 月 25 日 13:30~16:00 (150 分)

物 理…… 4 ~19ページ, 化 学……20~33ページ

生 物……34~49ページ, 地 学……50~59ページ

志 望 学 部	試 験 科 目
理 学 部 農 学 部	物理, 化学, 生物, 地学のうちから 2 科目選択
医 学 部 歯 学 部	物理, 化学, 生物のうちから 2 科目選択
薬 学 部 工 学 部	物理(指定), 化学(指定)

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで, この問題冊子, 解答用紙を開いてはいけない。
2. この問題冊子は, 59 ページである。問題冊子の白紙のページや問題の余白は草案のために使用してよい。なお, ページの脱落, 印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること。
3. 解答は, 必ず黒鉛筆(シャープペンシルも可)で記入し, ボールペン・万年筆などを使用してはいけない。
4. 解答用紙の受験記号番号欄(1 枚につき 2 か所)には, 忘れずに受験票と同じ受験記号番号をはっきりと判読できるように記入すること。
5. 解答は, 必ず選択した科目の解答用紙の指定された箇所に記入すること。
6. 解答用紙を持ち帰ってはいけない。
7. 試験終了後, この問題冊子は持ち帰ること。

化 学

計算のために必要な場合には、以下の数値を使用せよ。

原子量 H = 1.0 C = 12.0 O = 16.0 S = 32.1 Al = 27.0

Fe = 55.8 Cu = 63.5 Zn = 65.4 Ag = 107.9

気体定数 $R = 8.31 \text{ kPa}\cdot\text{l}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

解答に字数の指定がある場合、字数には句読点、数字、アルファベット、および記号も1字として数えよ。

(例)

4	°	C	の	H	₂	O	が	,
---	---	---	---	---	--------------	---	---	---

- 1 水の状態変化を調べるために、容器外の空気の温度 T と気圧 p を制御できる図1の装置を用いて、実験Iから実験IVを行った。これらの実験では、容器内の温度は容器外の温度と常に同じであるとする。必要な場合は水の蒸気圧曲線を示す図2を参考にして、問1から問5に答えよ。なお、1気圧は101.3 kPaである。

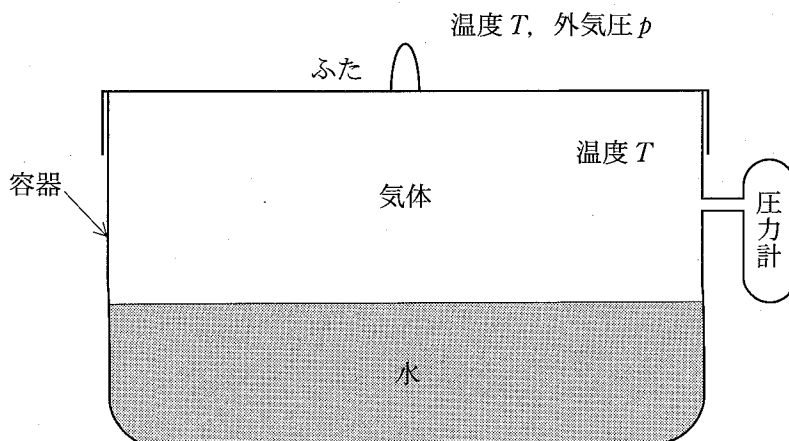


図1 実験装置

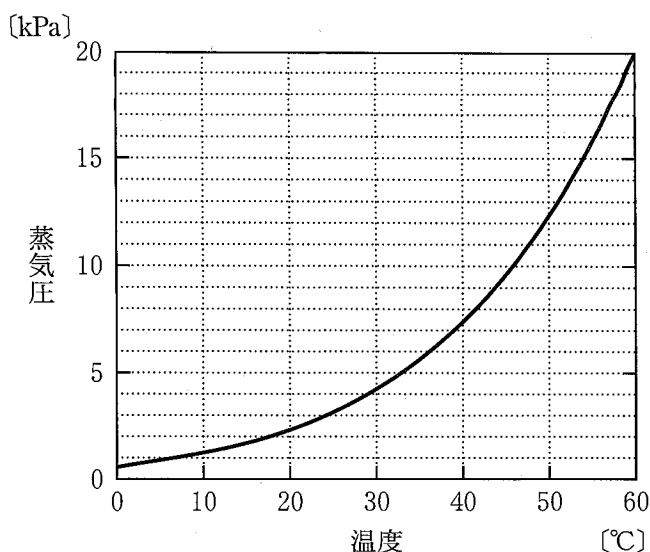


図2 水の蒸気圧曲線

〔実験 I〕

図1の容器に水を入れ、容器内の空気をすべて取り除いたのちに、ふたを閉めて容器を密閉し 20℃ で放置すると、容器内で水の蒸発・凝縮が^{みっべい}おこり、気液平衡(蒸発平衡)の状態に達した。次に、この容器を密閉したまま加熱して任意の温度 T で放置し、再び気液平衡の状態にした。

問1 以下の3つの問いに答えよ。解答は、次の(a)から(g)の中から正しい数値を1つ選び、解答欄の記号を○で囲め。ただし、どの状態においても、容器内には十分な量の水が残っているものとする。

- (a) 0.7 (b) 2.3 (c) 12.3 (d) 19.8 (e) 21.8
 (f) 101.3 (g) 109.1

- (1) T が 20℃ のときの容器内の気体の圧力は、何 kPa か。
 (2) T が 50℃ のときの容器内の気体の圧力は、何 kPa か。
 (3) T が水の常圧での沸点 100℃ のときの容器内の気体の圧力は、何 kPa か。

問 2 T が $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ の状態から、容器を密閉したまま、さらに熱を加えていくと、容器内でどのような現象がおこるか。次の(a)から(d)の中から適切なものを1つ選び、解答欄の記号を○で囲め。

- (a) 水が沸騰しながら、温度が $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ よりも上がる。
- (b) 水は沸騰し、温度は $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ のままである。
- (c) 水は沸騰せず、温度は $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ よりも上がる。
- (d) 水は沸騰せず、温度は $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ のままである。

[実験Ⅱ]

図1の容器に水を入れ、ある外気圧 p の空気を容器内に残したまま、ふたを閉めて容器を密閉し、 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ で放置した。容器内の水が気液平衡に達したときの容器内の気体の全圧は、 101.3 kPa であった。次に、この容器を密閉したまま加熱して $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ で放置し、再び気液平衡の状態にした。

問 3 以下の2つの問いに答えよ。ただし、空気は理想気体とする。また、密閉容器中の水および気体の加熱による体積変化はないものとしてよい。(すなわち、容器や水の熱膨張、水の蒸発・凝縮による体積変化などは無視できるものとする。)

- (1) 温度が $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ で気液平衡に達したときの容器内の気体の全圧は何 kPa か、小数点以下1桁^{けた}まで求めよ。ただし、空気の水への溶解はないものとする。
- (2) 上記(1)では空気の水への溶解はないものと考えたが、実際にはわずかではあるが空気は水に溶ける。たとえば、酸素は分圧1気圧のとき、水への溶解度は $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ で $1.4 \times 10^{-3}\text{ mol/l}$ 、 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ で $1.0 \times 10^{-3}\text{ mol/l}$ である。容器内の水 1 l あたりに溶けている酸素の質量は、 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ と $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ の場合を比べると、 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ のほうが mg 多い。

上の文中の空欄 に入る数値を有効数字2桁で求めよ。また、その計算過程を示せ。ただし、乾燥した空気は窒素と酸素の4:1のモル比の混合物とし、水への溶解による空気分圧の減少は無視できるものとする。

〔実験Ⅲ〕

図1の容器に100 gの水を入れ、20℃でふたを開けたまま、ある一定の気圧 p に保った外気と接して放置した。時間がたつにつれ、容器内の水は次第に蒸発して拡散し、最終的には水はすべてなくなった。

問4 以下の2つの問いに答えよ。

- (1) 容器内の水100 gがすべて蒸発するには、何kJの熱量を吸収するか、有効数字2桁で求めよ。ただし、水の蒸発熱を44 kJ/molとする。
- (2) 水が蒸発する速度は一般に、外気圧 p によって異なる。外気圧が3 kPaと101.3 kPaの場合を比較すると、容器内の水がすべて蒸発するのに要する時間は 。

上の文中の空欄 に入る語句として、次の(a)から(c)の中から適切なものを1つ選び、解答欄の記号を○で囲め。また、その理由を50字以内で述べよ。

- (a) 3 kPa のときの方が短い
(b) 101.3 kPa のときの方が短い
(c) 変わらない

問 5 以下の2つの問いに答えよ。

(1) 下線部 a) で測定した容器内の気体の圧力は、ステアリン酸の膜がない場合に比べて 。

上の文中の空欄 の中に入る語句として、次の(a)から(c)の中から適切なものを1つ選び、解答欄の記号を○で囲め。

- (a) 大きかった
- (b) 小さかった
- (c) 変わらなかった

(2) 下線部 b) で測定した水が蒸発するのに要する時間は、ステアリン酸の膜がない場合に比べて長かった。この理由として、次の(a)から(d)の中から適切なものを1つ選び、解答欄の記号を○で囲め。

- (a) ステアリン酸の単分子膜が表面を覆うと、水とステアリン酸の分子間力により水の蒸発熱が小さくなるため。
- (b) 液体表面から蒸発しようとする水分子の一部が、ステアリン酸分子と衝突して脱出を妨げられるため。
- (c) ステアリン酸の単分子膜は水の蒸発を妨げると共に水の凝縮も妨げるため。
- (d) ステアリン酸の水への溶解は無視できるほど小さく、沸点上昇や凝固点降下に影響しないため。

2 次の文章(I)と(II)を読み、問1から問8に答えよ。

(I) 自動車や工場から排出されるガスに含まれる窒素酸化物と硫黄酸化物による環境汚染は、克服すべき重要な課題となっている。例えば、高温下のエンジン内では、常温では反応しにくい窒素が酸化されて一酸化窒素となり、また、燃料に微量含まれている硫黄成分も二酸化硫黄などになる。これら酸化物は大気中で酸素や水と反応して硝酸や硫酸になり、酸性雨の原因となる。酸性雨は、建造物の大理石や金属の浸食、湖沼や森林などの生態系の変化を引き起こす。

問1 窒素は高温において で表される反応により酸化され、 色の一酸化窒素が生成する。これらの気体が平衡状態にあるとき、温度を高くすると一酸化窒素が生成する向きに平衡が移動する。一酸化窒素はさらに空気中の酸素で酸化されて 色の が生成する。

以下の4つの問いに答えよ。

- (1) 空欄 に入る適切な化学反応式を書け。
- (2) 空欄 に示される反応は発熱反応または吸熱反応のどちらか答えよ。
- (3) 空欄 および に入る適切な語句を次の(a)から(e)の中からそれぞれ1つずつ選び、解答欄の記号を○で囲め。
(a) 淡黄 (b) 赤褐 (c) 暗緑 (d) 青 (e) 無
- (4) 空欄 に入る適切な分子式を書け。

問2 二酸化硫黄は、酸化剤、還元剤のどちらとしても働く。二酸化硫黄と過酸化水素を水中で反応させると、その水溶液は酸性になる。以下の3つの問いに答えよ。

- (1) 二酸化硫黄と過酸化水素との反応を化学反応式で書け。
- (2) (1)において、二酸化硫黄は酸化剤または還元剤のどちらとして働いているか答えよ。

- (3) 2.0×10^{-3} mol の二酸化硫黄が溶解した水溶液 10 ml と質量パーセント濃度 1.5 % の過酸化水素水 10 g を混合して十分に反応させた。その溶液に対して行った操作とその結果の組み合わせとして正しいものをすべて選び、解答欄の記号を○で囲め。
- (a) 硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液を加えると、気体が発生し、溶液の赤紫色が消えた。
 - (b) 硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液を加えると、気体は発生せず、溶液の赤紫色が消えた。
 - (c) 硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液を加えても、化学変化がみられなかった。
 - (d) 硫酸酸性のヨウ化カリウム水溶液を加えると、溶液が褐色になった。
 - (e) 硫化水素を吹き込むと、溶液がにごった。

問 3 硝酸および硫酸と金属との反応について、以下の 5 つの問いに答えよ。

- (1) 常温で銅と希硝酸を反応させると気体が発生する。その気体の分子式を書け。
- (2) 常温で銅と濃硝酸を反応させると気体が発生する。その気体の分子式を書け。
- (3) 次の金属のうち、常温で希硝酸と濃硝酸のどちらにもよく溶けるものを 1 つ選び、解答欄の記号を○で囲め。
 - (a) アルミニウム (b) 鉄 (c) 白金
 - (d) ニッケル (e) 水銀 (f) 金
- (4) 熱濃硫酸を銅と反応させると、銅が溶解し、気体が発生する。このときの反応を化学反応式で書け。
- (5) (4)の反応を過剰な熱濃硫酸の存在下で行った。発生した気体の体積を標準状態(101.3 kPa, 0℃)で測定したところ 10 l であった。反応した銅の質量は何 g か、有効数字 2 桁^{けた}で求めよ。ただし、気体は理想気体とし、溶液への溶解は無視できるものとする。

(II) 金属イオンは様々な錯イオンや沈殿を形成するので、それを利用して溶液中の金属イオンの確認と分離ができる。そこで、4つの金属イオン Ag^+ 、 Zn^{2+} 、 Al^{3+} 、 Fe^{3+} をすべて含む水溶液に対して、操作1から操作4を行った。

操作1：4つの金属イオンを含む水溶液に希塩酸を加えたところ、白い沈殿物が生成した。これをろ過して、沈殿物 **A1** とろ液 **A2** に分けた。

操作2：アンモニア水をろ液 **A2** に加えて塩基性にしたところ、沈殿物が生成した。これをろ過して、沈殿物 **B1** とろ液 **B2** に分けた。

操作3：沈殿物 **B1** に水酸化ナトリウム水溶液を加えたところ、沈殿物の一部が溶解した。残った沈殿物をろ過して、沈殿物 **C1** とろ液 **C2** に分けた。沈殿物 **C1** は赤褐色であった。

操作4：ろ液 **B2** に硫化水素を通したところ、白い沈殿物 **D** が生成した。

問4 沈殿物 **A1** にアンモニア水を加えたところ、沈殿物は溶解した。このときの反応を化学反応式で書け。

問5 沈殿物 **C1** の組成式を書け。

問 6 沈殿物 C1 として得られる物質は難溶性塩と呼ばれ、わずかに水に溶解して飽和水溶液になる。難溶性塩 AX_n の溶解平衡が(1)式で表されるとき、(2)式の溶解度積 K_{sp} は一定温度で一定値に保たれる。



$$K_{sp} = [A^{n+}][X^-]^n \{(\text{mol/l})^{n+1}\} \quad (2)$$

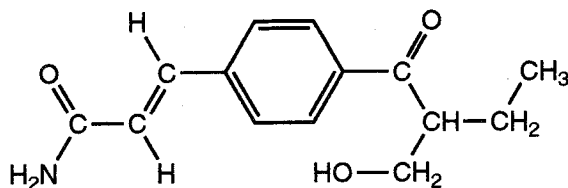
沈殿物 C1 を 16 mg 含む水 5.0 ml に塩酸を少しずつ加えていくと、すべての沈殿物が溶解した。溶解したときの溶液の pH を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、この沈殿物の溶解度積 K_{sp} を $3.0 \times 10^{-38} (\text{mol/l})^{n+1}$ 、水のイオン積 K_w を $1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/l})^2$ とし、塩酸の添加による溶液の体積変化は無視できるものとする。必要な場合には、以下の数値を使用せよ。

$$\log_{10} 2 = 0.30, \log_{10} 3 = 0.48, \log_{10} 5 = 0.70$$

問 7 溶液 C2 に希塩酸を加えて中性にすると、白い沈殿物が生成した。この沈殿物の組成式を書け。

問 8 沈殿物 D の組成式を書け。

- 3 分子式 $C_{10}H_{12}O_6$ の化合物 **A** がある。**A** には光学異性体も幾何異性体も存在しない。下記の実験 1 から実験 5 を読み、問 1 から問 8 に答えよ。構造式は、光学異性体を区別せず、次の例にならって書け。



(例)

- 実験 1 1 mol の **A** を完全に加水分解すると、化合物 **B**, **C**, **D** がそれぞれ 1 mol ずつ生成した。
- 実験 2 25.0 mg の **B** をはかりとって元素分析を行い、炭素および水素の質量を計算したところ、それぞれ 15.0 mg および 2.0 mg であった。白金を触媒として、**B** に水素を付加させると化合物 **E** が生じた。また、別の実験により、**B** は鎖状構造の化合物であり、**E** は不斉炭素原子をもつ化合物であることがわかった。
- 実験 3 **B**, **C**, **D**, **E** それぞれに炭酸水素ナトリウム水溶液を加えたところ、**B**, **C**, **E** では二酸化炭素が発生したが、**D** では発生しなかった。
- 実験 4 **C** に十分な量のメタノールと少量の濃硫酸を加えて加熱したところ、分子量が **C** より 28.0 増加した化合物 **F** が得られた。
- 実験 5 **D** に十分な量のギ酸と少量の濃硫酸を加えて加熱すると、分子量が **D** より 84.0 増加した化合物 **G** が得られた。

問 1 B の組成式を求めよ。

問 2 実験 3 の結果から、B、C、E はある共通の官能基をもつと推定される。
その官能基の名称を書け。

問 3 実験 4 の結果から、C にはメタノールと反応する官能基が何個あると考えられるか。また、実験 5 の結果から、D にはギ酸と反応する官能基が何個あると考えられるか。それぞれ、個数を書け。

問 4 B および E の構造式を書け。

問 5 C、D、F の構造式を書け。ただし、それらの化合物が複数のヒドロキシ基をもつ場合には、1 つの炭素原子に 2 個以上のヒドロキシ基が結合した構造は除外せよ。

問 6 実験 5 において、D から G が生成する反応を、構造式を用いた化学反応式で書け。

問 7 実験 5 の反応を、反応が完結する前に中断したところ、少量の D および G とともに、分子量が D より 28.0 増加した化合物と、56.0 増加した化合物が得られた。分子量が 28.0 または 56.0 増加した化合物のうち、不斉炭素原子をもつ化合物の構造式をすべて書け。

問 8 A の構造式を書け。