

令和 5 年度一般選抜試験(前期)

理 科 (問 題)

注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で 34 ページあり、問題数は、物理 4 問、化学 4 問、生物 4 問である。白紙・余白の部分は計算・下書きに使用してよい。
- 2) 別に解答用紙が 3 枚ある。解答はすべてこの解答用紙の指定欄に記入すること。指定欄以外への記入はすべて無効である。
- 3) 解答用紙の所定欄に次のとおり受験番号を記入しなさい。氏名を記入してはならない。
 - ・一般選抜試験のみを志願する受験者は一般の欄に受験番号を記入する。
 - ・併用試験のみを志願する受験者は併用の欄に受験番号を記入する。
 - ・一般選抜試験と併用試験の両方を志願する受験者は一般と併用の両方の欄にそれぞれの受験番号を記入する。
 なお、記入した受験番号が誤っている場合や無記入の場合は、当該科目の試験が無効となる。
 また、※印の欄には何も記入してはならない。
- 4) 理科は物理・化学・生物のうち 2 科目を選択して解答すること。選択しない科目の解答用紙には(受験番号は忘れず記入の上)用紙全体に大きく×印をつけて、選択しなかったことがはっきりと分かるようにすること。
- 5) 3 科目全部にわたって解答したものの、および解答用紙 3 枚のうち 1 枚に×印のないものは、理科の試験全部が無効となる。
- 6) 問題冊子は持ち帰ること。
- 7) 解答用紙は持ち出してはならない。
- 8) 試験終了時には、解答用紙を裏返して、下から順に物理、化学、生物の解答用紙を重ねて置くこと。解答用紙の回収後、監督者の指示に従い退出すること。

化 学 (前期)

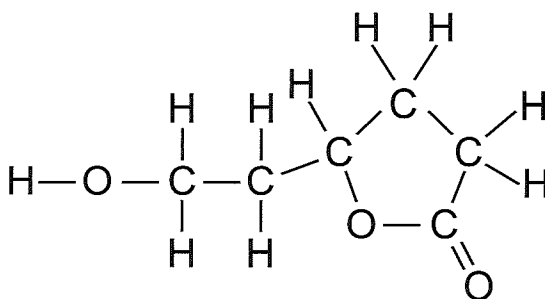
[注意] 問題を解く際に、必要ならば次の値を用いなさい。

原子量 H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0,

Al = 27.0, S = 32.1, Cu = 63.6, Ag = 107.9

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

また有機化合物を構造式で解答する場合には、次の例を参考にしなさい。



I 以下の図、表を使用して問いに答えなさい。

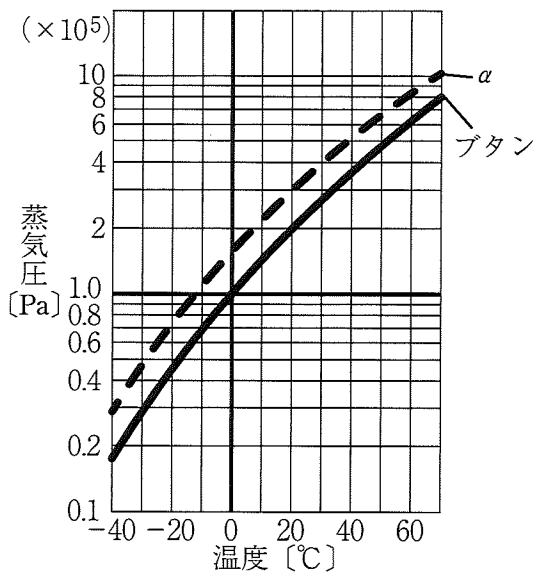


表 化合物の生成熱

化合物	生成熱 [kJ/mol]
アンモニア(気)	46
メタン(気)	75
エタン(気)	85
水(気)	242
水(液)	286
二酸化炭素(気)	394
一酸化窒素(気)	-90
二酸化窒素(気)	-33

図1 ブタン、その他の蒸気圧曲線

問 1 密閉容器にブタンのみが入っており、 -20°C ではその容器の半分がブタンの液体であった。以下の(ア)~(エ)の各文章について、必要ならば図1を参考にして、正しいものには○を、間違っているものには×を、それぞれ解答欄(ア)~(エ)に答えなさい。

- (ア) 1013 hPa 、 -10°C の屋外で容器の栓を開けると容器から気体の流出はほとんどなかった。
- (イ) 密閉容器を 30°C にすると、容器内の圧力は $3 \times 10^5\text{ Pa}$ を超えていた。
- (ウ) ペンタンの蒸気圧曲線は、図1のグラフ *a*になった。
- (エ) 同じ温度で比べると2-メチルプロパンはブタンより蒸気圧が高い。

問 2 ブタンが充填されているガスボンベがある。残量が少なくなったので、廃棄のために図2左のように栓を開けてガスを自然に流出させ、ガスが出なくなったのを確認した後に栓を閉じた。この時点でガスボンベの質量を測定したところ 910.5 g であった。次に、このガスボンベに図2右のように真空ポンプをつなぎ、栓を開いて、ガスボンベ内部の気体を全て吸引した後に再び栓を閉じた。真空ポンプを取り外し、再びガスボンベの質量を測定したところ 898.9 g であった。作業時のガスボンベの温度は 30.0°C 、大気圧は 1010 hPa であった。このガスボンベの内容積は何 L か。解答欄に有効数字3桁で答えなさい。

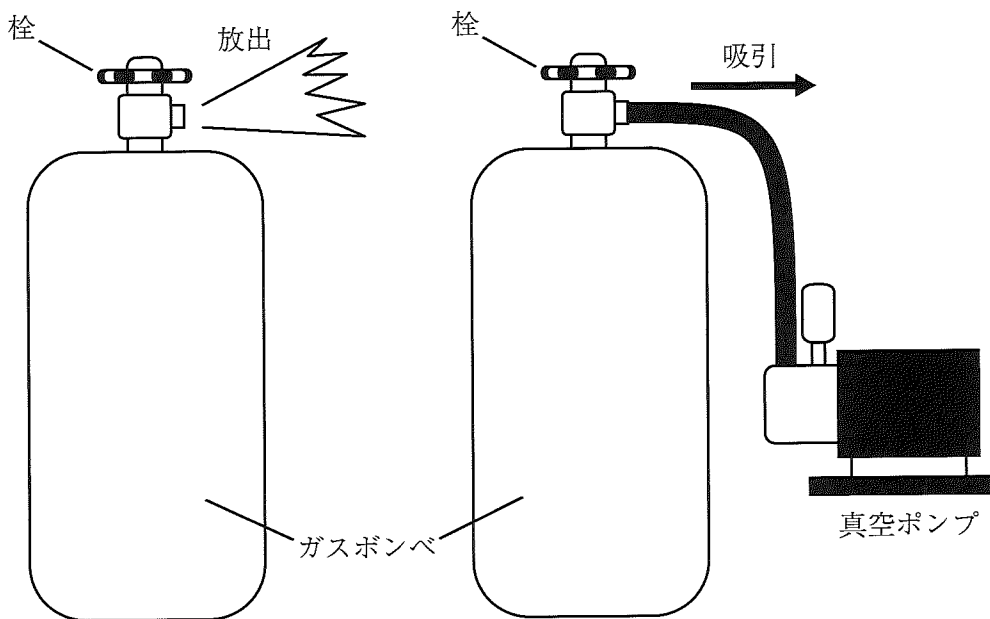


図2 ガスの自然放出と真空ポンプによる吸引

問 3 炭化水素 A の分子式を C_xH_y としたとき、炭化水素 A の燃焼熱は何 kJ/mol か。表の値をもとに計算し、もっとも簡単な文字式で表し、解答欄に答えなさい。なお、燃焼により生じる二酸化炭素は気体、水は液体であるとし、炭化水素 A の生成熱を a kJ/mol とする。

問 4 近年、炭化水素の燃焼により生じる二酸化炭素の排出量を少なくする方法が検討されており、その一つにアンモニアを燃料として利用する方法がある。

気体のアンモニアの燃焼熱は何 kJ/mol か。表の値をもとに計算し、小数点以下を四捨五入して、解答欄に整数で答えなさい。なお、燃焼により水が生じる場合は液体の水が生じるものとする。

問 5 アンモニアの燃焼などで生じる窒素酸化物は有害な化合物である。これらの窒素酸化物を減らすためにアンモニアおよび酸素と反応させて窒素と水に分解する試みがなされている。

窒素酸化物を一酸化窒素として、アンモニアと酸素による一酸化窒素の分解反応を化学反応式で表し、解答欄に答えなさい。

II 以下の[実験1]から[実験5]に関する文章を読み、問いに答えなさい。

[実験1] 希硫酸の入ったビーカーに鉄片を入れると気体を発生して溶けた。この水溶液は鉄(II)イオンを含み淡緑色をしていたが、そこに試薬Aを加えると青白色の沈殿が生じた。

[実験2] 銅に濃硫酸を加えて加熱すると気体が発生した。この気体を水に通じると水溶液は酸性を示した。

[実験3] 3種類の金属の硝酸塩を溶かした混合溶液に、以下(i)~(iii)の一連の操作を行った。

- (i) 希塩酸を加えると白色沈殿が生じた。この沈殿をろ過により分離したのち、熱水に加えたところ溶解した。
- (ii) (i)のろ液に硫化水素を通じると黒色沈殿が生じた。この沈殿をろ過により分離した。
- (iii) (ii)のろ液を煮沸して硫化水素を追い出したのち、希硝酸を加え、さらにアンモニア水を過剰に加えたところ沈殿が生じた。この沈殿をろ過により分離したのち、過剰量の水酸化ナトリウム水溶液を加えると沈殿は溶解した。

[実験4] アルゴンが充填された密閉容器内で、ある金属Mの酸化物(MO_2)と炭素の混合物を高温で熱した。加熱終了後の容器には金属Mの単体、炭素、および気体のみが存在していた。この気体は、一酸化炭素、二酸化炭素、アルゴンの3種類の気体の混合物であり、その物質量の比は4 : 1 : 5であった。また、この気体の体積は、標準状態で10.00 Lであった。

[実験5] 塩化ナトリウムの飽和水溶液にアンモニアと二酸化炭素を吹き込むと炭酸水素ナトリウムが沈殿した。この沈殿をろ過により分離したのち加熱したところ、化合物Xが生成した。

問 1 [実験 1]の下線部で加えた試薬 A に含まれる化合物の名称を解答欄(i)に、その組成式を解答欄(ii)に答えなさい。

問 2 [実験 2]の下線部を化学反応式で表し、解答欄に答えなさい。

問 3 [実験 3]で、下線部の溶液に含まれていた可能性のあるイオンの組み合わせとして最も適切なものはどれか、(ア)~(ケ)から一つ選び解答欄に記号で答えなさい。

- (ア) Ag^+ , Al^{3+} , Cu^{2+} (イ) Ag^+ , Cu^{2+} , Fe^{3+} (ウ) Ag^+ , Ba^{2+} , Fe^{3+}
(エ) Ag^+ , Cu^{2+} , Pb^{2+} (オ) Al^{3+} , Ba^{2+} , Pb^{2+} (カ) Al^{3+} , Fe^{3+} , Pb^{2+}
(キ) Al^{3+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} (ク) Ba^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} (ケ) Ba^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+}

問 4 [実験 4]で、加熱前の MO_2 の質量を $x \text{ g}$ とすると、加熱後に得られた金属 M の質量は何 g か。ただし、標準状態における気体のモル体積を 22.4 L/mol として計算し、解答欄に x を含む文字式で答えなさい。

問 5 [実験 5]はアンモニアソーダ法の一部の反応である。この反応で得られた化合物 X を、水に溶解した後に結晶化すると透明な結晶 Y が得られた。この結晶 Y を空気中に放置していたところ、白色粉末状の結晶 Z に変化した。

結晶 Y の化合物名を解答欄(i)に答えなさい。また結晶 Y が結晶 Z のように変化する現象を何というか。その名称を解答欄(ii)に答えなさい。

Ⅲ 以下の文章を読み、問いに答えなさい。

5種類の繊維A～Eがある。これらの繊維はビニロン、ナイロン6(6-ナイロン)、綿(木綿)、羊毛(毛)、アクリル繊維のいずれかであることがわかっている。それぞれについて以下の調査や実験を行い、その結果を表にまとめた。

[調査や実験]

- ①：天然繊維か合成繊維かについて調べた。
- ②：それぞれの繊維を試験管に少量入れて濃塩酸を加えて加熱した。
- ③：②の実験で加水分解されたものについて、塩酸を揮発させて除去した後、水を加えた。
- ④：③の一部を新しい試験管に取り、ニンヒドリン溶液を加えて加熱した。
- ⑤：③の一部を新しい試験管に取り、フェーリング液を加えて加熱した。
- ⑥：その他、各繊維の特徴などを調べた。

調査 や 実験	繊維 A	繊維 B	繊維 C	繊維 D	繊維 E
①	天然繊維	合成繊維	天然繊維	合成繊維	合成繊維
②	加水分解 されて 溶けた	変化なし	加水分解 されて 溶けた	変化なし	加水分解 されて 溶けた
③	溶けた	/	溶けた	/	溶けた
④	呈色あり	/	呈色なし	/	呈色あり
⑤	変化なし	/	赤褐色の 沈殿が 見られた	/	変化なし
⑥	保温性に優れる。	適度な吸湿性があり、繊維Cに似た特性を持つ。	適度な吸湿性がある。	肌ざわりが繊維Aに似ている。	耐摩耗性や弾力性に優れ、衣類や釣り糸などに用いられる。

問 1 ④で繊維 A と繊維 E において何色の呈色が観察されたかを解答欄(i)に、その呈色に寄与した官能基名を解答欄(ii)にそれぞれ答えなさい。

問 2 繊維 B は、ポリビニルアルコールのヒドロキシ基を部分的にアセタール化して合成される。1.00 kg のポリビニルアルコールのヒドロキシ基の 35.2 % をアセタール化して繊維 B を合成すると、元のポリビニルアルコールから質量が何 g 増加するか。有効数字 3 桁で解答欄に答えなさい。

問 3 繊維 C は、シュワイツァー試薬(シュバイツァー試薬)に溶ける。シュワイツァー試薬は、水酸化銅(II)に濃アンモニア水を加えてつくられる深青色の溶液である。このシュワイツァー試薬をつくる際の反応をイオン反応式で表し、解答欄に答えなさい。

問 4 繊維 D はある有機溶媒に溶ける。この有機溶媒 100 g に 50.5 g の繊維 D を溶かし、その溶液の凝固点を測定したところ凝固点降下度は 0.17 K であった。繊維 D の平均分子量を解答欄に整数で答えなさい。なお、この有機溶媒のモル凝固点降下を $4.08 \text{ K} \cdot \text{kg}/\text{mol}$ とする。

問 5 繊維 E の合成に用いられる単量体の構造式を解答欄に答えなさい。なお構造式を書く際には、問題表紙の例を参考にし、原子間の全ての結合の価標を略さず書くこと。

IV 以下の文章を読み、問いに答えなさい。

動物は呼吸により大気中の酸素を体内に取り込み、生じた二酸化炭素を体外へと排出する。取り込まれた酸素はその後、体内で炭水化物などの酸化に利用される。

この呼吸に関する模擬実験をおこなった。体内に取り込む前の空気と、体外へ排出された後の呼気に含まれる3種類の気体(酸素、二酸化炭素、窒素)の物質量の割合を調べると以下の表の通りであった。

ここでは取り込む空気や排出された呼気には3種類の気体のみが存在し、それぞれの気体は理想気体としてふるまうものとする。

	酸素	二酸化炭素	窒素
空気	20.0 %	0.2 %	79.8 %
呼気	16.7 %	3.5 %	79.8 %

問 1 27℃, 1.01×10^5 Pa の空気を大きく吸い込んだところ、取り込まれた空気の体積は3.00 Lであった。この空気に含まれていた酸素は何 g か。解答欄に有効数字3桁で答えなさい。

問 2 大きく吐き出した呼気の体積は、37℃, 1.01×10^5 Pa で3.00 Lであった。この呼気に含まれていた二酸化炭素の分圧は何 Pa か。解答欄に有効数字3桁で答えなさい。

問 3 1回の呼吸において、27℃, 1.01×10^5 Pa の空気を0.300 L吸い込み、37℃, 1.01×10^5 Pa で0.310 Lの呼気を出した。この時、体内へ取り込まれた酸素は何 mol か。解答欄に有効数字3桁で答えなさい。

問 4 動物は酸素を利用して細胞内で物質を酸化することで多くのエネルギーを獲得している。いま、体内でマルトースが酸素により完全に酸化されたとする。この反応を化学反応式で表し、解答欄に答えなさい。

問 5 呼吸により 1.12 g の酸素を体内に取り込み、この酸素がすべてデンプンの完全な酸化に用いられたとする。このとき何 g のデンプンを酸化することができるか。解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。