

令和2年度入学者選抜学力検査問題(前期日程)

理 科

化学基礎・化学

(注 意)

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は11ページ、解答用紙は5枚である。
指示があってから確認すること。
3. 解答はすべて解答用紙の指定のところに記入すること。
4. 計算その他を試みる場合は、解答用紙の裏または問題冊子の余白を利用してもよい。
5. 解答用紙は持ち帰ってはならないが、問題冊子は必ず持ち帰ること。

〔注意〕 必要があれば次の値を用いよ。

原子量 H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23

〔I〕 次の文を読み、以下の問いに答えよ。

図1のように容量1.0Lの容器Aと容量2.0Lの容器Bがあり、両者はバルブCを介して接続されている。以下の操作1～3を順に行った。

図1

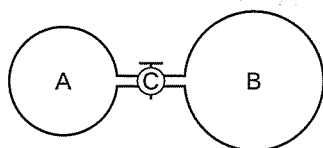
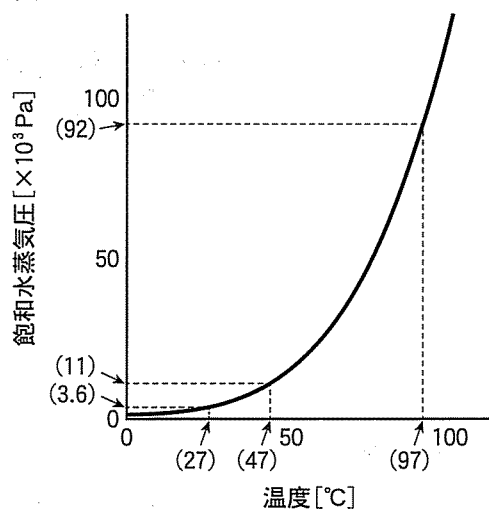


図2



操作1：バルブCを閉めた状態でAにはメタン0.16g、Bには酸素0.96gを充
① 填し、27°Cでしばらく静置した。

操作2：バルブCを開放して両気体を混合し、全体の温度を97°Cに上げてしば
② らく静置した。

操作3：混合気体に点火して完全燃焼させ、97°Cでしばらく静置した後、徐々
③ に全体の温度を下げ、T°Cで液体の水が出現したことを確認した。その
④ 後、最終的に27°Cまで冷却して静置した。
⑤

気体は全て理想気体であるとし、接続管の容積、温度変化による容器体積の変化は無視できると仮定して以下の問いに答えよ。気体定数Rは $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ とし、解答の数値は有効数字2桁で記すこと。

問 1 下線部①について、この時の容器 A 内の圧力を、計算過程とともに答えよ。

問 2 下線部②について、この時点でのメタンの分圧を、計算過程とともに答えよ。

問 3 下線部③について、この時点で容器内に存在する気体の化学式と、それぞれの気体の物質量を答えよ。記入にあたっては解答用紙の解答例を参照すること。

問 4 下線部④のように、気体が液体に変化する現象を何というか、名称を記せ。

問 5 操作 3 の過程で、温度を 47°C まで下げた時点で、水はどのような状態で存在するか。図 2 を参考にして(ア)~(エ)より選び、記号で答えよ。また、そのように判断できる根拠を記せ。

(ア) 気体のみ

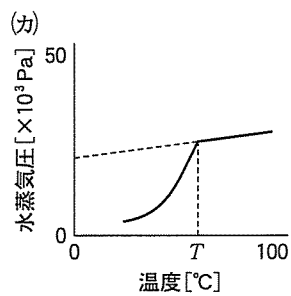
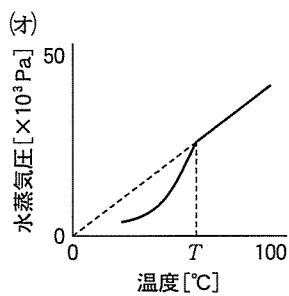
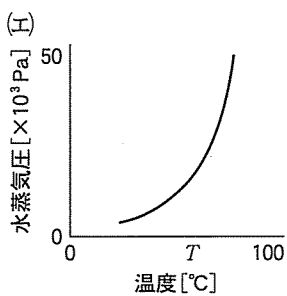
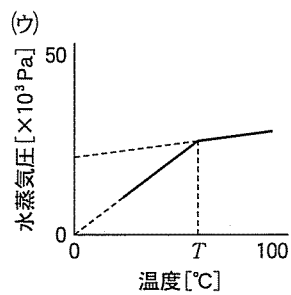
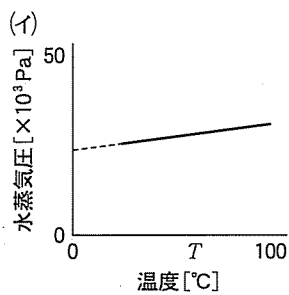
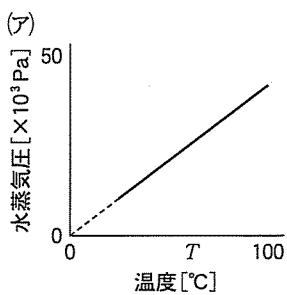
(イ) 液体のみ

(ウ) 気体と液体が混在

(エ) 与えられた情報では判断できない

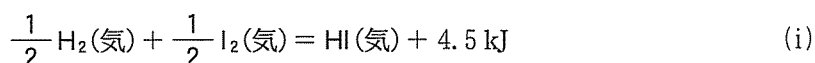
問 6 下線部⑤について、この時点で容器内に液体として存在する水の物質量を、図 2 を参考にして、計算過程とともに答えよ。ただし、液体の体積は容器全体の容積に比して小さいため、無視できるものとする。

問 7 操作 3 の過程における、容器内の水蒸気圧と温度の関係を表したグラフの概形はどれか。(ア)～(カ)より選べ。

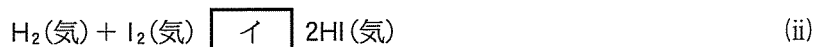


〔Ⅱ〕 次の文を読み、以下の問いに答えよ。

水素 H_2 とヨウ素 I_2 の混合気体を密閉容器に入れて加熱すると、ヨウ化水素 HI が生成する。この反応の熱化学方程式は次のとおりである。

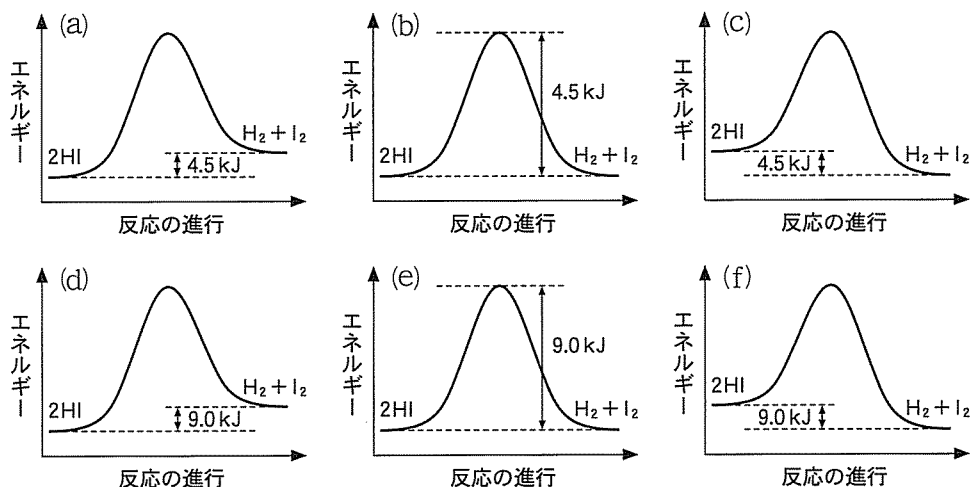


また、 HI を加熱すると H_2 と I_2 に分解する。 このように、ある化学反応について、逆向きの反応も起こりうる時、この反応は ア 反応であるといい、次のようにあらわす。



問 1 文中の ア と イ に当てはまる最適な語句または記号をそれぞれ記せ。

問 2 下線部の反応の進行に伴うエネルギーの変化を表した図として正しいものを、以下の選択肢の中から選び、記号(a)~(f)で答えよ。



問 3 反応(ii)の正反応の活性化エネルギーは、触媒を用いない場合 178 kJ/mol であるが、白金触媒を用いると 120 kJ/mol だけ減少する。白金触媒を用いた場合、逆反応の活性化エネルギーを答えよ。

問 4 ある密閉容器の中で反応(ii)が平衡状態に達している。平衡を左に移動させる操作を以下の選択肢の中からすべて選び、記号(a)~(e)で答えよ。

- (a) 容器の中に N_2 を加える。
- (b) 容器の中に白金触媒を加える。
- (c) 容器の内部の温度を 10°C 上げる。
- (d) 容器の中に H_2 を加える。
- (e) 容器の中に HI を加える。

問 5 $HI(H-I)$ の結合エネルギーを、途中の計算過程とともに有効数字 2 桁で答えよ。ただし、 $H_2(H-H)$ と $I_2(I-I)$ の結合エネルギーは、それぞれ 4.36×10^2 、 1.53×10^2 kJ/mol である。

問 6 (ii)の正反応において還元剤として働く物質の化学式を記せ。また、 H_2 の H と HI の I の酸化数を、それぞれ記せ。

問 7 HI は水に溶けるとほぼ完全に解離し、その水溶液はヨウ化水素酸と呼ばれる。希薄なヨウ化水素酸中の HI の電離度を 1.0 として、 8.0×10^{-4} mol/L の希薄なヨウ化水素酸の pH と水酸化物イオンの濃度を、途中の計算過程とともにそれぞれ答えよ。ただし、水のイオン積 K_w は 1.0×10^{-14} (mol/L)² であり、 $\log_{10} 2.0 = 0.30$ とする。また、ヨウ化水素酸の pH は小数点以下 2 桁まで答え、水酸化物イオンの濃度は有効数字 2 桁で答えよ。

〔Ⅲ〕 次の文を読み、以下の問いに答えよ。

金、銀、銅の元素は、単体のイオン化傾向が小さく反応性が低いという共通した性質以外に、次のような性質のいずれかを示す。

元素X：単体を空気中で加熱すると黒色の酸化物が生じる。この酸化物を希硫酸中^①でかき混ぜると硫酸塩の結晶が生成する。その塩は回収後 150℃ で加熱すると A の検出に使うことができる。陽イオンは水酸化ナトリウム水溶液中で青白色沈殿を生じる。

元素Y：単体は展性・延性に優れ、非常に安定である。ほとんどの酸性溶液には溶けないが、王水には溶ける。

元素Z：単体を濃硝酸中でかき混ぜると硝酸塩と共に赤褐色の気体が生成する。^②
陽イオンは塩酸と反応して白色沈殿を生じる。

化学工業で肥料や薬品の製造で幅広く利用されているアンモニア、硝酸、硫酸は次のような方法で製造されている。アンモニアはハーバー・ボッシュ法により窒素と水素から直接合成される。^③硝酸はアンモニアと酸素から酸化物を生成し、^④さらに酸化させた後に水と反応させて合成する。硫酸は硫黄や黄鉄鉱の燃焼で生じた二酸化硫黄を酸化させて三酸化硫黄とした後、水と反応させて合成する。^⑤

問 1 元素 X, Y, Z は金、銀、銅のいずれかの元素である。元素 X, Y, Z とは何か。元素記号で記せ。

問 2 下線部①の酸化物とは何か。化学式で記せ。

問 3 A に当てはまる最適な物質を化学式で記せ。

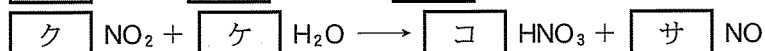
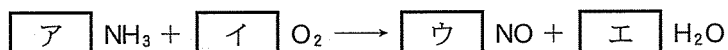
問 4 下線部②を化学反応式で記せ。

問 5 下線部③～⑤の化学反応は工業的に触媒を用いて行われている。その触媒を次の(a)～(f)の中からそれぞれ一つずつ選び、記号で答えよ。

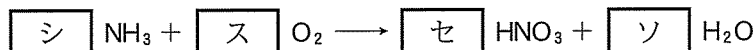
- (a) Pb (b) Fe₃O₄ (c) MnO₂
 (d) Pd (e) Pt (f) V₂O₅

問 6 アンモニアと二酸化炭素から窒素肥料に使われる尿素 CO(NH₂)₂ を合成するときの反応式を記せ。

問 7 硝酸の製造工程では次の反応が順に行われている。



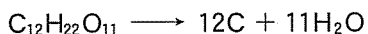
これらの反応式は以下の式にまとめられる。



上記の反応式の空欄に当てはまる最適な数字を記せ。係数が1の場合は1と解答すること。

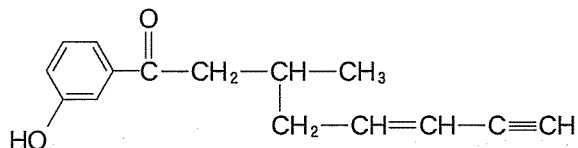
また、硝酸 31.5 kg を生成するために必要なアンモニアの質量を、途中の計算過程とともに有効数字 2 桁で答えよ。

問 8 濃硫酸の特徴のひとつは強い脱水作用である。スクロースは濃硫酸を加えると下の式のような脱水反応が進行して炭化される。反応後に炭化生成物が 8.0 g 生成していたとすると、脱水されたスクロースの質量を途中の計算過程とともに有効数字 2 桁で答えよ。



〔IV〕 エステルに関する以下の問いに答えよ。構造式は下の例にならって記せ。ただし、シス-トランス異性体や鏡像異性体は考慮しなくてよい。

(例)



問 1 アルコールのヒドロキシ基とカルボン酸のカルボキシ基から水分子が失われ^①るとエステル結合が生じる。エステル結合をもつ化合物をエステルという。カルボン酸がエステルに変換されるとその性質が大きく変わる。例えば、メタノールと低分子量のカルボン酸から生じるメチルエステルは、一般的に、もとのカルボン酸と比べ沸点が低く、揮発性が大きい。^②

- (1) 下線部①の反応で生じる水の酸素原子はカルボン酸とアルコールのどちらに由来するか記せ。
- (2) カルボン酸とそのメチルエステルの間で下線部②のような性質の違いが生じる理由を述べよ。

問 2 炭素、水素、酸素のみからなる分子量が 150 以上 350 以下のエステル A の化学構造を解析するために以下の実験を行った。

- (実験 1) エステル A 125 mg を完全に燃焼させたところ、二酸化炭素 308 mg と水 81.0 mg のみが生成した。
- (実験 2) 1.0 mol のエステル A に水酸化ナトリウム水溶液を加え加水分解したのち、希塩酸を加えて酸性にしたところ、1.0 mol の化合物 B と 2.0 mol の化合物 C が得られた。
- (実験 3) 化合物 B は、ベンゼン環を有する分子式 $C_8H_6O_4$ の化合物であった。また、化合物 B は、飽和炭酸水素ナトリウム水溶液に気泡を発生して溶けた。化合物 B を加熱すると分子量が 18 減少した。
- (実験 4) 化合物 C にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて反応させると黄色の沈殿が生じた。

- (1) エステル A の分子式を記せ。
- (2) 化合物 B の構造式を記せ。
- (3) 化合物 C の分子式を記せ。
- (4) エステル A の構造式を記せ。

問 3 合成高分子にもポリ酢酸ビニルや ア など、分子内にエステル結合を持つものがある。ポリ酢酸ビニルのエステル結合を水酸化ナトリウムを用いて加水分解すると、水に溶けやすい イ が生成する。さらに、イ をホルムアルデヒド水溶液で処理すると、水に溶けにくい合成繊維ビニロンが得られる。

- (1) 文中の ア および イ に当てはまる合成高分子を以下の選択肢の中からそれぞれ 1 つずつ選び、(a)~(f)の記号で答えよ。
 - (a) ナイロン 66
 - (b) ポリ塩化ビニル
 - (c) フェノール樹脂
 - (d) ポリビニルアルコール
 - (e) ポリエチレンテレフタレート
 - (f) ブタジエンゴム
- (2) 平均分子量 1.72×10^5 のポリ酢酸ビニル 1 分子に含まれるエステル結合は平均何個か、有効数字 2 桁で答えよ。また、下線部③の反応で、ポリ酢酸ビニル 43.0 g に含まれるエステル結合をすべて加水分解するのに必要な水酸化ナトリウムの質量を有効数字 2 桁で答えよ。

〔V〕 次の文を読み、以下の問いに答えよ。

我々は、生命を維持するために、食品からタンパク質、糖類、油脂(脂質)を三大栄養素として摂取しなければいけない。タンパク質は、約 20 種類の α -アミノ^①酸からできている高分子化合物である。この α -アミノ酸の配列順序をタンパク質の 構造という。タンパク質分子は、ペプチド結合中の >N-H と、分子内の他のペプチド結合中の との間に 結合が形成され、らせん状の 構造になる場合がある。また、平行に並んだポリペプチドの間に 結合が形成され、ひだ状の β -シート構造になる場合もある。実際のタンパク質では、らせん状の構造などがさらに折りたたまれて、それぞれのタンパク質に特有の立体構造をとる。タンパク質に熱などを作用させると、タンパク質の立体構造が変化して凝固したり沈殿したりする。このような現象をタンパク質の という。また、タンパク質の水溶液に多量の電解質を加えてもタンパク質の沈殿が生じる。^②

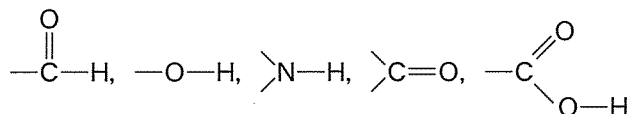
デンプンは、植物体内で によってつくられ、米、小麦やいも類に多く含まれている。デンプンは、数百から数千の α -グルコースが脱水 してできた、らせん状の高分子化合物でアミロースとアミロペクチンの である。デンプンの水溶液に、横から強い光線を当てると、その光の通路が明るく見える^③。また、だ液に含まれるアミラーゼをデンプンに作用させるとマルトースなどに加水分解される。デンプンと同じ分子式 $(C_6H_{10}O_5)_n$ を示すセルロースは、植物の細胞壁に存在する。セルロースはアミラーゼで加水分解されず、ヨウ素とも呈色反応を示さない。^④^⑤

ごま油や牛脂など、植物や動物の体内に存在している油脂は、グリセリンがもつ3つの に脂肪酸がエステル結合した化合物である。天然の油脂を構成する脂肪酸は、パルミチン酸やステアリン酸などが多いが、その種類と含有率はさまざまである。

問 1 文中の ア ~ コ に当てはまる最適な語句や官能基を以下の選択肢から選んで記せ。必要であれば、複数回使用してもよい。

選択肢：

一次，二次，三次，光合成，窒素固定，混合物，反応物，縮合，疎水，水素，共有，置換，グリコシド， α -ヘリックス，サブユニット，変性，



問 2 下線部①について，タンパク質を構成する α -アミノ酸の中で鏡像異性体が存在しないアミノ酸の名称と構造式をそれぞれ記せ。

問 3 下線部②について，この現象の名称を記せ。

問 4 下線部③について，この現象の名称を記せ。

問 5 下線部④について，アミラーゼがセルロースに作用しない理由を記せ。

問 6 下線部⑤について，セルロースがヨウ素と呈色反応を示さない理由を記せ。