

2020 年度一般入学試験(前期)

理 科 (問 題)

注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で43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。
 - ・ 一般入試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。
 - ・ 併用入試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。
 - ・ 一般入試と併用入試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、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。

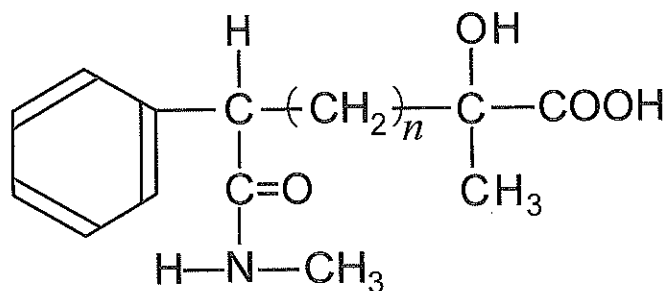
原子量 H = 1.0, B = 10.8, C = 12.0, O = 16.0, S = 32.1,

Br = 79.9, Cu = 63.6, Ag = 107.9, I = 127.0

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

$\sqrt{2} = 1.41, \sqrt{3} = 1.73, \sqrt{5} = 2.24$

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 次の文章を読み、問1～問7に答えなさい。

質量一定の気体において、温度一定のまま圧力 P を増加させると、その体積 V は(ア)。同様に、 0°C における気体の体積を V_0 とし、圧力一定のまま温度 T を $t^\circ\text{C}$ に設定すると、その時の気体の体積 V は V_0 と t を用いた一般式 $V = \boxed{\text{I}}$ で表すことができる。

また、 1 mol の理想気体^①では、圧力、体積、温度の間で常に $PV = RT$ (R は気体定数) の関係が成立するが、② 実在気体ではこの関係が厳密には成り立たない。この原因として、実在気体で考慮される(イ)と(ウ)の存在が挙げられる。実在気体では(イ)が働くため、器壁に衝突する分子が近傍の分子に引っ張られる。その影響で、体積が一定の場合、実在気体の圧力 P' は理想気体の圧力 P と比べて(エ)。また、同じ圧力で 1 mol ずつの実在気体と理想気体の体積を比べた場合、実在気体には(ウ)があるため、その分だけ、実在気体における体積 V' の

方が(オ)。

そこで、実在気体でも成り立つように(イ)と(ウ)に対する補正を加えたのがファンデルワールスの状態方程式であり、物質量 n mol の気体の場合、^③
 n, P', V', R, T を用いた次の一般式で表される。

$$(P' + \boxed{\text{II}} a) (\boxed{\text{III}} - nb) = nRT$$

ここで a と b は、物質に固有の値であるファンデルワールスの定数を表している。

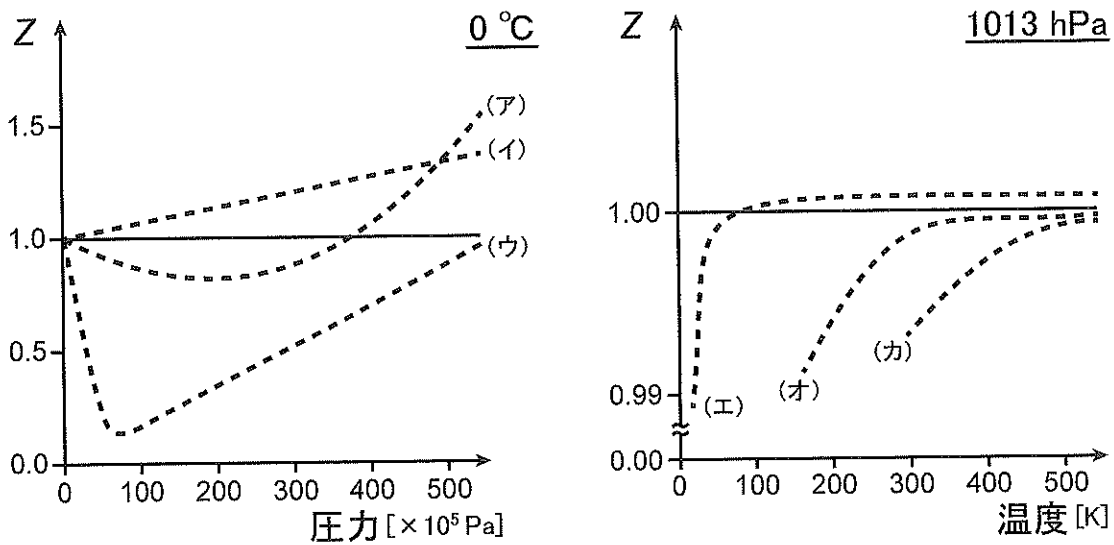
問 1 文中の(ア)~(オ)に入る最も適切な語句を以下の語群中の(a)~(i)から選び解答欄に記号で答えなさい。なお、同じ語句を何度用いてもよい。

[語群]

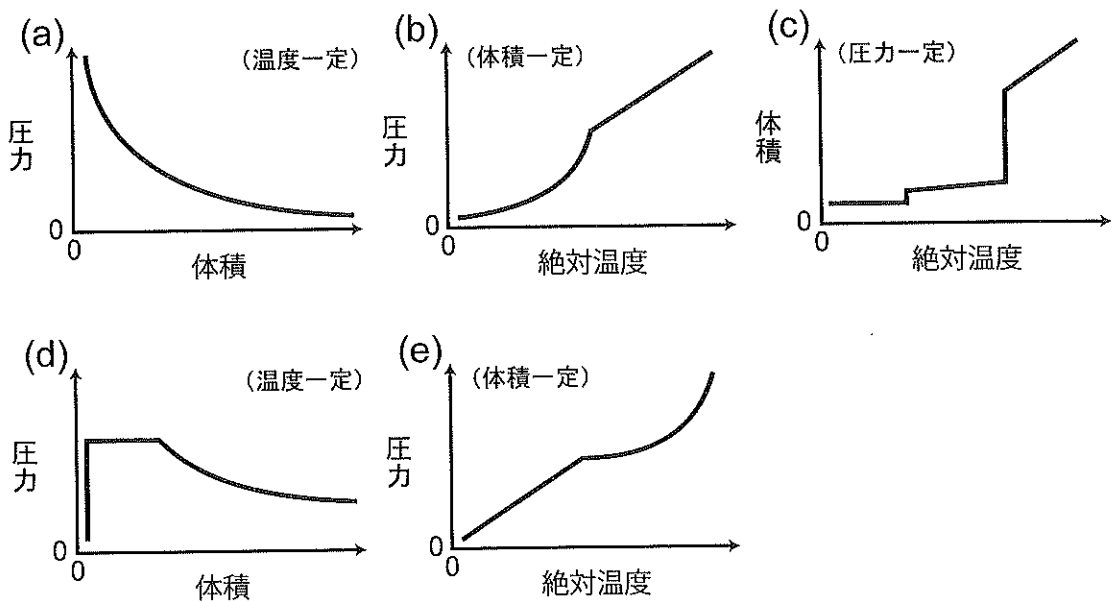
- | | | |
|-----------|-----------|-------------|
| (a) 小さくなる | (b) 変わらない | (c) 大きくなる |
| (d) 圧力 | (e) 絶対温度 | (f) 静電的な引力 |
| (g) 分子間力 | (h) 気体の体積 | (i) 分子自身の体積 |

問 2 本文の $\boxed{\text{I}}$ に適切な文字式を入れなさい。

問 3 下線部①と②について、「気体定数と絶対温度の積」に対する「圧力と体積の積」の比を Z とする。この Z の値は、1 mol の理想気体では常に 1 となるが、実在気体では必ずしも 1 にはならない。次の図は、実在気体であるヘリウム、メタン、二酸化炭素における圧力と Z 、および温度と Z との関係をそれぞれ表している。図の中で、メタンの結果を示すグラフを(ア)~(カ)から 2 つ選び解答欄に記号で答えなさい。なお、各点線は気体状態におけるデータを反映している。



問 4 下線部②について、実在気体を状態変化させた際のグラフとして適切なものを下の(a)~(e)から 2 つ選びなさい。



問 5 本文の Ⅱ と Ⅲ に適切な文字式を入れなさい。

問 6 体積一定の実在気体において、下線部③のような補正を含む式が必要となる状態に最もあてはまる条件はどれか。次の(1)~(6)から 2 つ選び、解答欄に番号で答えなさい。

- (1) 低 温 (2) 常 温 (3) 高 温
(4) 低 圧 (5) 常 圧 (6) 高 圧

問 7 断熱容器の中に $27.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ のアセトンを 300 mL 入れ、そこへドライアイス 22.0 g 加えた。この固体が完全に消滅した時点で直ちにアセトンの温度を測定したところ $10.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ であった。アセトンの冷却はすべて二酸化炭素の昇華に伴う熱の出入りで行われたとすると、二酸化炭素の昇華熱は何 kJ/mol になるか、有効数字 3 桁で解答欄に答えなさい。なお、アセトンの容量は途中で変化せず、二酸化炭素はアセトンに溶解しないものとする。また、 $27.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ におけるアセトンの密度を 0.790 g/cm^3 、アセトンの比熱を $2.17\text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ とする。

II 次の文章を読み、問1～問7に答えなさい。

丸底フラスコに、エタノール23.0gとプロピオン酸(炭素数3の飽和脂肪酸)22.2gを入れてよく混合し、約5mLの(ア)を少しずつ加えた。図1のように冷却器を付けた栓をした後、湯浴に浸して緩やかに加熱を続けた。十分に反応が進んだことを確認した後、内部の液体を全て、図2に示す上下2か所に活栓をもつ(イ)に入れた。反応後の液体から(ア)を除くために、(イ)に飽和食塩水を約50mL加え、上下の活栓が閉じていることを確認した後、十分に振り混ぜた。しばらく静置すると、濁っていた内部の液は上下2層に分かれた。上部の空気穴を開けた後、下の活栓を開いて食塩水を取り出し、pH試験紙につけたところ(ウ)性を示した。もう一度飽和食塩水を約50mL加えて、先ほどと同様に振り混ぜ2層に分離した後、下層の食塩水を全て取り出し、その液をpH試験紙で調べたところ中性であった。(イ)に残った溶液を上部の活栓を開いて取り出し、(エ)のある揮発性溶液を得た。

このようにしてアルコールと酸の脱水縮合により得られる化合物は総称して(オ)と呼ばれている。

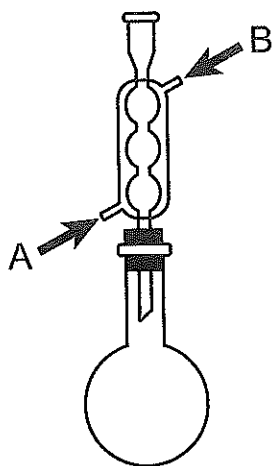


図1

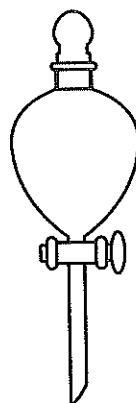


図2

問1 文章中の空欄(ア)～(オ)に入る最も適切な語句を解答欄(ア)～(オ)に答えなさい。ただし(エ)については(刺激臭, 酸敗臭, 腐卵臭, 果実臭)のうちから選んで答えなさい。

問 2 下線部①の冷却器は、内部に水を流すことで効率よく冷却ができる。冷却水の順路として最も適切なのは次のどれか。解答欄に記号で答えなさい。

- a A から入れて B から排出
- b B から入れて A から排出
- c どちらでもよい

問 3 下線部②のように、反応の前後で自身は変化しないが化学反応を促進する物質を何というか。解答欄に答えなさい。

問 4 この実験でエタノールとプロピオン酸から合成された化合物の物質名を解答欄に答えなさい。

問 5 この実験では最大何 g の(オ)が合成できるか。有効数字 3 桁で解答欄に答えなさい。

問 6 安息香酸と 2-プロパノールから合成された(オ)を塩酸で加水分解したときの化学反応式を解答欄に答えなさい。ただし、加水分解の際の溶媒中の水分子はすべて H_2^{18}O を用いたものとする。また、有機化合物はすべて構造式で表しなさい。

問 7 分子式が $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_3$ である(オ)を水酸化ナトリウム水溶液により加水分解したところ一様な溶液となった。陰イオン交換樹脂を詰めたガラス管にこの溶液を通すと、樹脂に吸着した有機物と吸着しなかった有機物に分離された。そこで、双方の有機物の旋光性を測定したところ、陰イオン交換樹脂に吸着した有機物にのみ旋光性が確認された。

このように水酸化ナトリウム溶液を用いて行う(オ)の加水分解を何というか。解答欄(i)に答えなさい。また、この(オ)を構成していたと考えられるカルボン酸の構造式を解答欄(ii)に答えなさい。この際、光学異性体を考慮する必要はない。

Ⅲ 次の文章を読み、問1～問4に答えなさい。

競技等で優秀な成績を残した者やチームに記念のメダルが授与される。例えば、国際オリンピック委員会では各メダルについて次の様に規定している。

大きさ	直径 70～120 mm
厚さ	3～10 mm
重さ	500～800 g
原材料	1位、2位のメダルは銀製(純度 92.5 % 以上)。 さらに金メダルは 6 g 以上の純金を用いて被覆する。
形	原則として、丸形

表には記載がないが、オリンピック競技大会で授与される銅メダルは銅と(ア)の合金である青銅で作られることが多い。青銅は銅単独よりも融点が(イ)いため、硬貨や彫像などの鑄造に用いられることが多い。また銅よりも硬度が高いため、人類が鉄を利用できるようになるまでは青銅は種々の農耕・狩猟道具や武器に利用され、青銅器時代と呼ばれる一時代を築いた。

また表のように、オリンピック競技大会の金メダルは銀メダルに金による被覆を行って作られている。このような金による被覆は、奈良の大仏等の金めつきに見られるように古くから利用されている。しかし金は(ウ)と(エ)の体積比 1 : 3 の混合溶液である王水には溶解するが、一般的な酸には溶けないため、古くは現在の主流である電気めつきではない方法を用いてめつきが行われていた。その方法は、まず金を(オ)に溶かして液体状のアマルガムとし、これで対象物の表面を被覆する。その後外側から強く熱すると、金と比べて著しく沸点の低い(オ)のみが蒸気として除去され、金のみが表面に残り金めつきができる。しかし、この際に生じる(オ)の蒸気が著しく有毒であるため、現在ではこの方法は用いられなくなっている。

問 1 文章中の(ア)~(オ)に最も適切な語句を答えなさい。

問 2 ある大会の銀メダルは純粋な銀を用いて作製され、真円形でその質量は 659.4 g であった。この厚さ 8.00 mm のメダルを円柱とみなした時、その直径は何 mm であるか。有効数字 3 桁で答えなさい。ただし、純銀の密度を $1.05 \times 10 \text{ g/cm}^3$ 、円周率を 3.14 とし、全ての表面は一様で平滑であるものとする。

問 3 金は展性や延性に優れており、その性質を利用したのが金箔である。ある条件下で 6.00 g の金から金箔を作製すると 150 cm^2 の大きさになった。この条件下では金は単位格子の一辺が $a \text{ m}$ の面心立方格子の構造をしている。金の原子量を M 、アボガドロ定数を N_A とすると、この金箔の厚さは何 m になるか。最も簡単な文字式で解答欄に答えなさい。なお、この金箔は厚さが一様で、平滑であるものとする。

問 4 ある銅片を濃硝酸に入れると気体を発生しながら溶解した。この時に発生した気体を集めた。この気体を一端がピストンとなっている透明な円柱状の密閉容器に移して、温度が変化しないようにしながらピストンを押し縮めたところ、気体の色は瞬間的に濃くなったが、すぐにその色は薄くなった。

下線部(i)で生じた溶液の色は何色か。解答欄(i)に答えなさい。下線部(ii)の方法として最も適した方法を解答欄(ii)に答えなさい。また下線部(iii)の変化を化学反応式で表し、解答欄(iii)に答えなさい。

IV 次の2つの文章を読み、問1～問6に答えなさい。

[文章1]

160～170℃でエタノールと濃硫酸を反応させて得られる(1)は炭素原子間に(2)をもつ炭化水素で、炭素数を $n(n \geq 2)$ とすると、一般式(3)で表されるアルケンに属する。アルケンに(4)剤としてオゾンと反応させるとオゾンニドが生成するが、これを亜鉛などの還元剤の存在下で加水分解すると(5)化合物である(6)と(7)が得られる。また、アルケンを酸性の過マンガン酸カリウム水溶液と共に熱した場合、生じた中間生成物は開裂し、最終的に(7)やカルボン酸になる。

問1 文中の空欄(1)～(7)にあてはまる最も適切な語句または化学式を語群中の(ア)～(ト)から選び、解答欄に記号で答えなさい。なお、同じ記号を何度選んでもよい。

[語群]

- | | | |
|--------------|-----------------|--------------------|
| (ア) C_nH_n | (イ) C_nH_{2n} | (ウ) $C_nH_{2n+2}O$ |
| (エ) 1価アルコール | (オ) 2価アルコール | (カ) アルデヒド |
| (キ) ケトン | (ク) エチレン | (ケ) エタン |
| (コ) アセチレン | (サ) 酸化 | (シ) 還元 |
| (ス) 単結合 | (セ) 二重結合 | (ソ) 第一級アルコール |
| (タ) 第二級アルコール | (チ) エーテル | (ツ) 酸素 |
| (テ) スルホニル | (ト) カルボニル | |

[文章 2]

いずれも分子式 $C_5H_{12}O$ で表されるアルコール A, B, C, およびそれらから生成される化合物 D, E, F がある。

A は分子式 $C_5H_{12}O$ で表されるアルコールの全ての構造異性体のうち最も酸化されにくいアルコールである。

不斉炭素原子をもつ B は、加熱しながら濃硫酸と反応させると分子内で脱水し、化合物 D と E が生成する。このとき得られた化合物 D に水を付加すると、A と B が生成する。

C は分子式 C_5H_{12} で表されるアルカンのうち沸点が最も高い構造異性体と同じ炭素骨格をもつ。この C を硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液と混ぜて加熱すると、還元力をもつ化合物が生成し、さらに酸化を進めると最終的に化合物 F が生成する。

これらの各化合物について、以下の問に答えなさい。

問 2 A の構造式を解答欄に答えなさい。

問 3 化合物 D の構造式を解答欄に答えなさい。その際、B の不斉炭素原子に由来する炭素原子を○で囲みなさい。

問 4 21.7 g の化合物 E を臭化水素と反応させたところ、すべてが臭化物に変化した。得られた臭化物は何 g か、解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。

問 5 C の物質名を解答欄に答えなさい。

問 6 化合物 F の水溶液に炭酸水素ナトリウムを加えると気体が発生した。この反応を化学反応式で表し解答欄に答えなさい。この時、有機化合物については全て示性式を用いて表しなさい。