

令和6年度 入学試験問題

理科（前期）

試験時間	1 2 0 分
問題冊子	物理 1 ～ 6 頁
	化学 7 ～ 1 6 頁
	生物 1 7 ～ 3 2 頁

注意事項

1. 指示があるまで問題冊子は開かないこと。
2. 受験科目はあらかじめ受験票に記載された2科目とし、変更は認めない。
3. 問題冊子および解答用紙に落丁，乱丁，印刷の不鮮明な箇所があったら，手を挙げて監督者に知らせること。
4. 解答が終わっても，または試験を放棄する場合でも，試験終了までは退場できない。
5. スマートフォン等の電子機器類は電源を必ず切り，鞆の中にしまうこと。
6. 机上には，受験票と筆記用具（鉛筆，シャープペンシル，消しゴム）および時計（計時機能のみ）以外は置かないこと。（耳栓，コンパス，定規等は使用できない。）
7. 問題冊子および解答用紙に受験番号と氏名を記入すること。
8. 解答はすべて解答用紙の所定の解答欄に記入すること。欄外には何も書かないこと。
9. この問題冊子の余白は自由に用いてよい。
10. 質問，トイレ，体調不良等で用件のある場合は，無言のまま手を挙げて監督者の指示に従うこと。
11. 中途退室時は，問題冊子および解答用紙を裏返しにすること。
12. 受験中不正行為があった場合は，試験の一切を無効とし，試験終了時刻まで別室で待機を命じる。
13. 試験終了後，解答用紙は裏返しにすること。問題冊子は持ち帰ること。

受験番号	
------	--

氏名	
----	--

化 学

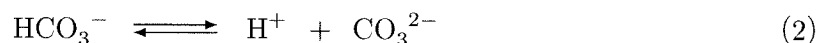
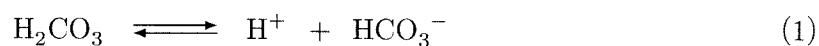
必要があれば，以下の数値を用いよ。

原子量	H : 1.00 C : 12.0 N : 14.0 O : 16.0 Cl : 35.5 Br : 80.0 I : 127
気体定数 R	$8.30 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$
ファラデー定数 F	$9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$
アボガドロ定数 N_A	$6.00 \times 10^{23}/\text{mol}$
水のイオン積 K_w	$1.00 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$
0°C	273 K
対数値	$\log_{10} 2 = 0.30$

[I] 各問いに答えよ。

問1 次亜塩素酸ナトリウムを含む漂白剤に，塩酸を含む酸性洗剤を混ぜると危険である。このとき起こる反応式を書き，危険な理由を述べよ。

問2 二酸化炭素の水溶液では， $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ の反応によって炭酸 H_2CO_3 を生じ，この炭酸が次のように電離して平衡状態にあるものとする。



CO_2 が 0.030 mol 溶けている水溶液 1 L に水酸化ナトリウム NaOH を加えて pH を 7.40 にしたとき， $[\text{H}_2\text{CO}_3] = \boxed{\text{ア}} \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ ， $[\text{HCO}_3^-] = \boxed{\text{イ}} \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ ， $[\text{CO}_3^{2-}] = \boxed{\text{ウ}} \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ になる。

式(1)，(2)の電離定数 K_1 ， K_2 をそれぞれ $8.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ ， $1.0 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$ とし，体積が変化しないものとして， $\boxed{\text{ア}} \sim \boxed{\text{ウ}}$ に入る値をそれぞれ小数第2位を四捨五入して求めよ。

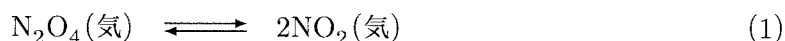
問3 ニトロベンゼンの2個の水素原子を2つともカルボキシ基で置換した化合物には 種の構造異性体がある。このうちニトロ基のパラ (*p*-) 位に水素原子をもつ化合物は 種であり、さらにこの中で、隣接する炭素原子に2つのカルボキシ基が結合したものは化合物 A のみである。化合物 A の1分子を1分子のヒドラジン $\text{NH}_2\text{--NH}_2$ と反応させると、水2分子がとれて縮合した二環式の化合物 B が得られる。化合物 B のニトロ基を還元すると化合物 C が得られる。化合物 C を触媒の存在下に過酸化水素と反応させると、青白い化学発光を生じる。この現象は 反応とよばれ、主に の検出に用いられる。

(1) ～ に適した数値または語句を書け。

(2) 化合物 A, B の構造式をそれぞれ書け。

〔Ⅱ〕 文章を読んで問いに答えよ。

ピストンによって容積を変えることができる容器に二酸化窒素 NO_2 と四酸化二窒素 N_2O_4 の混合物を入れて様々な条件で平衡に到達させた。容器中で混合物は常にすべて気体として存在して(1)式の平衡状態になっており、気体はすべて理想気体とみなせるものとする。なお、(1)式の正反応では、1 mol の N_2O_4 あたり 57 kJ の吸熱が起こる。



容器に混合物を入れて、容器内の圧力を一定に保ちながら、温度 T を変化させたとき、容器の容積 V は図 1 の太線のように変化した。すなわち、 $T_1 \sim T_2$ の低温度域および $T_3 \sim T_4$ の高温温度域において、それぞれ温度 T の上昇とともに容積 V は直線的に増加した。(1) 2つの温度域における温度 T に対する容積 V の増加率はそれぞれ破線 a および b の傾きに相当する。また、(2) $T_2 \sim T_3$ の温度域では容積 V は温度 T の上昇にともなって急激に増加した。

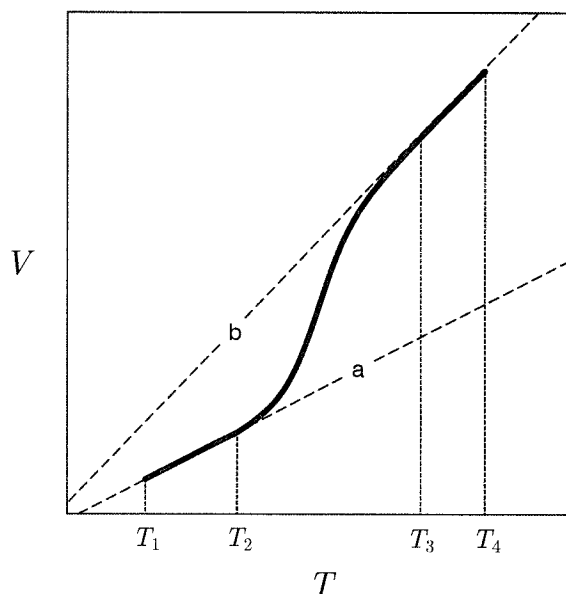


図 1

ここで、容器内における NO_2 および N_2O_4 の物質量をそれぞれ n_1 [mol] および n_2 [mol] とし、 NO_2 および N_2O_4 のモル質量をそれぞれ M_1 [g/mol] および M_2 [g/mol] とおくと、混合物の質量 w [g] は(2)式で表される。

$$w = \boxed{\quad \text{ア} \quad} \quad (2)$$

したがって、混合物の全物質量を n [mol] とおくと、(2)式にもとづいて、 n_1 および n_2 はそれぞれ、 n 、 w 、 M_1 および M_2 を用いて次のように表される。

$$n_1 = \frac{\boxed{\text{イ}}}{M_2 - M_1} \quad (3)$$

$$n_2 = \frac{\boxed{\text{ウ}}}{M_2 - M_1} \quad (4)$$

いま、 NO_2 と N_2O_4 の混合物 4.60 g を容器に入れ、温度を 300 K、容器の容積を 5.00 L に保ちながら平衡に到達させたところ、容器内の圧力は 3.29×10^4 Pa になった。このとき、 NO_2 の物質量は $\boxed{\text{エ}}$ mol、 N_2O_4 の物質量は $\boxed{\text{オ}}$ mol となっている。したがって、(1) 式の反応の圧平衡定数 K_p の値は $\boxed{\text{カ}}$ と求められる。

一方、 NO_2 と N_2O_4 の混合物 6.90 g を容器に入れ、温度を 300 K、容器の容積を 8.30 L に保つと、平衡に到達したときの容器内の圧力は $\boxed{\text{キ}}$ Pa となった。続いて、ピストンを動かして圧力を 9.00×10^4 Pa に保ちながら温度 300 K で平衡に到達させると、⁽³⁾容器の容積は $\boxed{\text{ク}}$ L となった。

問 1 下線部(1)において、2つの温度域における温度 T に対する容積 V の増加率はどのくらい異なるか。理由とともに述べよ。

問 2 下線部(2)の変化が起こる理由を説明せよ。

問 3 $\boxed{\text{ア}}$ ～ $\boxed{\text{ク}}$ に適した式または数値を書け。数値はすべて有効数字 2 桁で答えよ。
 $\boxed{\text{カ}}$ では単位も書くこと。

問 4 下線部(3)の状態から容器のピストンを固定し、温度を 300 K に保ちながら容器にアルゴン Ar を注入して圧力を 1.80×10^5 Pa にしたとき、容器内の NO_2 と N_2O_4 の物質量の合計量は下線部(3)の状態とくらべてどうなるかを(あ)～(う)から選んで記号で答えよ。また、その理由も述べよ。

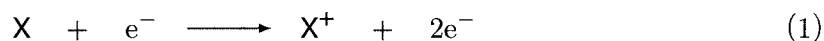
(あ) 大きくなる (い) 小さくなる (う) 変わらない

〔III〕 文章を読んで問いに答えよ。

炭素、水素、酸素からなる有機化合物 **A** を 6.48 mg はかりとり、完全燃焼させたところ、水が 4.32 mg、二酸化炭素が 18.48 mg 得られた。この結果から **A** の組成式を求めることができる。

しかし分子式と組成式は必ずしも一致するとは限らない。分子式を知るためには分子量を求める必要がある。例えば、(1)モル沸点上昇がわかっている溶媒に、有機化合物を溶かして沸点上昇度を測定することによりモル質量が求められ、分子量を知ることができる。しかし、(2)この方法では正しい分子量を求めることができない有機化合物もある。

現在では分子量を求める最も一般的な方法は質量分析計を用いる方法である。真空中で加速した電子を有機化合物に衝突させると、有機化合物から電子がたたき出される。すると(1)式のように、有機化合物 **X** を正に荷電したイオン X^+ に変えることができる。この X^+ を分子イオンとよぶ。



電子 1 個の質量は、陽子 1 個や中性子 1 個の質量の 1.84×10^{-4} ア 分の 1 しかないので、 X^+ の質量は **X** の質量とほぼ同じとみなすことができる。

図 1 は質量分析計の模式図である。一定の電圧により加速された X^+ は、磁場を通過するときには円運動をする。この円運動の半径は、イオン質量の平方根に比例し、磁場の強さに反比例する。質量がそれぞれ m_1 , m_2 , m_3 であるイオン X_1^+ , X_2^+ , X_3^+ の混合物が一定の電圧により加速されて磁場に入って行ったとき、図 1 のようにイオン X_2^+ がスリット (隙間) を抜けて検出器に到達したとすると、 m_1 イ m_2 の関係にある。また、イオン X_3^+ を検出器に到達させるためには、磁場の強さを ウ くすればよい。

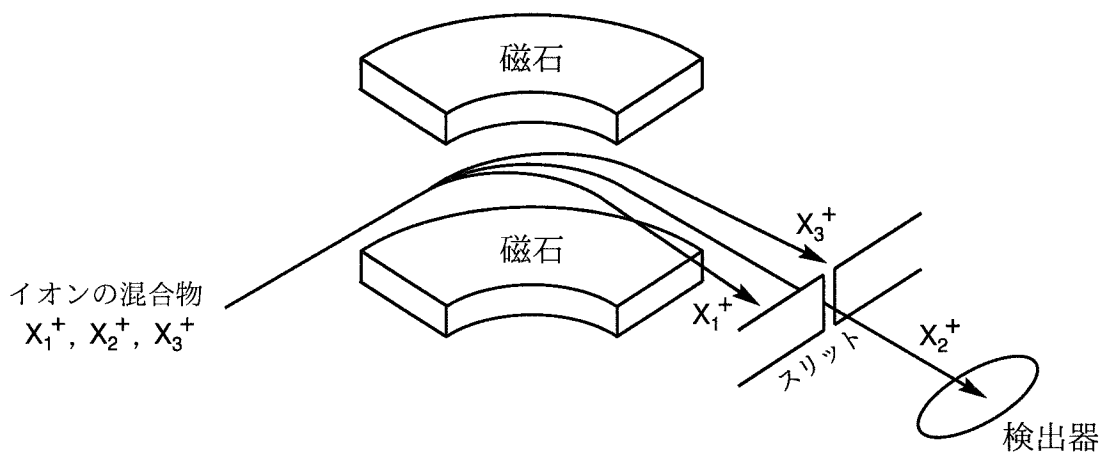


図 1

図 2 は質量分析計で検出したベンゼンの分子イオンの測定結果である。縦軸の「強度」は検出器に到達したイオンの数を表している。 ^{12}C と ^1H 以外の炭素と水素の同位体が無視できるとすると、ベンゼンの分子量に相当する式量 78 の分子イオンのみが観測される。これ以降も ^{12}C と ^1H 以外の炭素と水素の同位体は無視できるものとする。

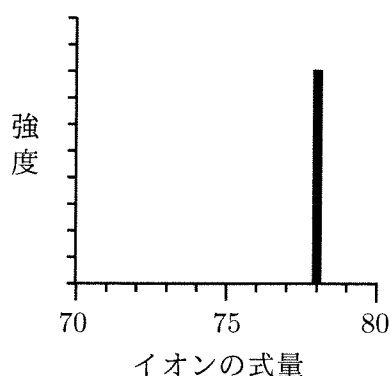


図 2

図 3 はクロロベンゼンの分子イオンの測定結果である。塩素の同位体は ^{35}Cl と ^{37}Cl が約 3 : 1 の比で存在しているので、式量 112 の分子イオンと式量 114 の分子イオンも約 3 : 1 の強度比になっている。

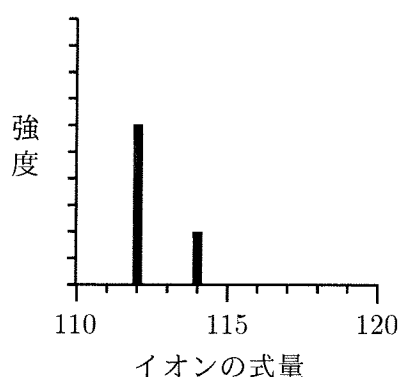


図 3

問 1 A の分子式と組成式が一致する場合、A の分子式を書け。さらに、考えられる A の構造式でベンゼン環を含むものをすべて書け。その中でナトリウムと反応させても水素が発生しないものをすべて丸で囲め。

問 2 A の分子量が組成式の式量の 2 倍である場合、考えられる A の構造式でナフタレン環を含むものを 1 つ 書け。

問3 下線部(1)について、沸点上昇度 Δt [K]，溶媒のモル沸点上昇 K [K·kg/mol]，溶媒の質量 W [g]，有機化合物の質量 w [g] を使って、有機化合物のモル質量 M を式で表せ。

問4 どのような性質をもつ有機化合物だと、下線部(2)のようなことが起こるか答えよ。ただし、その有機化合物は電離せずに溶媒に完全に溶け、測定中に分解しないものとする。

問5 に入る整数， に入る不等号， に適した語句を書け。

問6 臭素の同位体は ^{79}Br と ^{81}Br が約 1 : 1 の比で存在している。ブロモベンゼンの分子イオンの測定結果はどのようになるか。解答欄の図の に目盛りの数字を入れるとともに、測定結果を図示せよ。

問7 *p*-ジブロモベンゼンの分子イオンの測定結果はどのようになるか。解答欄の図の に目盛りの数字を入れるとともに、測定結果を図示せよ。

[IV] 文章を読んで問いに答えよ。

トリグリセリド(油脂)は多価アルコールであるグリセリン $C_3H_8O_3$ と脂肪酸との ア 化合物である。脂肪酸には多くの種類があり、その組み合わせにより多くの種類のトリグリセリドが存在する。天然のトリグリセリドを構成する脂肪酸には炭素原子数 16 あるいは 18 の イ 級脂肪酸が多い。さらに動物由来では ウ 脂肪酸が多く、植物由来では エ 脂肪酸が多い。液体のトリグリセリドにニッケルを触媒として水素を付加すると融点が オ くなり、硬化することが多い。

トリグリセリドに水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、けん化されてグリセリンとともに脂肪酸のナトリウム塩が生じる。このナトリウム塩は カ 水性の炭化水素基と キ 水性の原子団からなり、セッケンとして手指などの洗浄に用いられる。セッケンは ク 酸と ケ 塩基の塩であるため水溶液中では コ 性を示す。(1)セッケンは硬水や海水では、泡立ちが悪く洗浄作用は低下する。一方、(2)合成洗剤は硬水中でも洗浄力を保つことができる。

健康診断の検査項目の1つである中性脂肪は、ヒトにとって重要なエネルギー源であり脂溶性ビタミンや必須脂肪酸の摂取にも関わるが、摂取過多により体脂肪として蓄えられると肥満やメタボリックシンドロームを引き起こす。血液中の中性脂肪の主要成分はトリグリセリドであるため、その値が基準値 150 mg/dL 以上の「高トリグリセリド血症」はメタボリックシンドロームの診断基準の1つとなっている。

ここに3種のトリグリセリド A, B, C がある。これらを構成する脂肪酸はステアリン酸 $C_{18}H_{36}O_2$ 、オレイン酸 $C_{18}H_{34}O_2$ 、リノール酸 $C_{18}H_{32}O_2$ のいずれかである。構造を明らかにするために A, B, C それぞれ 1 mol をヨウ素と反応させたところ、A は 1 mol のヨウ素を、B は 3 mol のヨウ素を、C は 5 mol のヨウ素をそれぞれ消費した。また A, B, C はいずれも不斉炭素原子をもたないことがわかった。

問1 ア ～ コ に適した語句を書け。

問2 下線部(1)の理由を述べよ。

問3 下線部(2)の合成洗剤に特徴的な化学構造を2つ答えよ。

問4 トリグリセリド A, B, C の分子量と構造式をそれぞれ書け。ただし、炭化水素基は C_4H_7- のように書いてよい。

問5 トリグリセリド B の 1 mol をニッケルを触媒として水素と反応させたとき，消費される水素の体積 [L] を答えよ。ただし，水素は標準状態 ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ， $1.01 \times 10^5\text{ Pa}$) にあるものとし，小数第 1 位まで求めよ。

問6 ある被験者の血液中のトリグリセリドの濃度を測定したところ， $1.0 \times 10^{-3}\text{ mol/L}$ であった。血液中のトリグリセリドがすべてトリグリセリド A である場合，この被験者は高トリグリセリド血症であるかどうか，数値を比較して答えよ。