

令和3年度 入学試験問題

理科（前期）

試験時間	120分
問題冊子	物理 1～8頁
	化学 9～18頁
	生物 19～30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、試験終了時間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、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 F : 19.0 S : 32.0 K : 39.0 Mn : 55.0
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 ア ~ ウ に適した語句を書け。

コロイドにおいて、コロイド粒子を分散させている物質を ア といい、分散しているコロイド粒子を イ という。気体が ア となり、固体や液体が イ となったものを ウ と呼ぶ。

問2 水素は多くの非金属元素と反応して水素化合物をつくる。表に示した第2周期14~17族の非金属元素1原子からなる水素化合物の分子の中で(1)~(5)のそれぞれにあてはまるものを化学式で答えよ。複数個ある場合はすべて書け。

表 第2周期14~17族の非金属元素

族	14	15	16	17
元素記号	C	N	O	F

- (1) 最も多くの非共有電子対をもつもの。
- (2) 分子内のすべての原子を頂点とする立体が三角錐となるもの。
- (3) 常温 (15°C)、常圧 ($1 \times 10^5 \text{ Pa}$) で液体のもの。
- (4) 分子間力が最小のもの。
- (5) 分子間力が最大のもの。

問3 には数字を， には構造式を書け。

分子式 $C_4H_{10}O$ である化合物は 種類ある（鏡像異性体は区別しないものとする）。
その中でヨードホルム反応を呈するものは である。

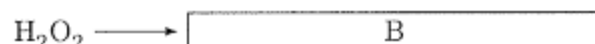
〔Ⅱ〕 文章を読んで問いに答えよ。

過マンガン酸イオン MnO_4^- は強い [ア] 剤であり、硫酸酸性下で [イ] 剤と反応してマンガン(Ⅱ)イオン Mn^{2+} と [ウ] を生じる。

一方、過酸化水素 H_2O_2 は、通常、硫酸酸性の水溶液中で [エ] 剤としてはたらき、そのはたらきは次の半反応式で示される。



また、 H_2O_2 は硫酸酸性下で MnO_4^- に対して [オ] 剤としてはたらき、そのはたらきは次の半反応式で示される。



オキシドールは H_2O_2 水溶液であり、切り傷・すり傷などの消毒に用いられる。いま、オキシドール中の H_2O_2 を以下のようにして滴定した。オキシドール原液を、[カ] を用いて 20.0 mL とり、容量 200 mL の [キ] に入れて、純水を標線まで加え、栓をしてよく振り混ぜた。このオキシドール希釈溶液を 10.0 mL とり、コニカルビーカーに入れた。(a) 3 mol/L 硫酸を 5 mL 加えた後、純水 10 mL を加えて、 0.0200 mol/L 過マンガン酸カリウム標準溶液を [ク] から滴下した。18.1 mL 滴下したところで溶液が無色から₍₁₎微赤色となった。

問 1 [ア] ～ [オ] に適した語句または化学式を書け。

問 2 [A] および [B] に適した式を書け。

問 3 [カ] ～ [ク] に適した器具の名称を書け。

問 4 H_2O_2 分子を電子式で示せ。

問 5 H_2O_2 の酸素原子の酸化数を答えよ。

問6 コニカルビーカーに、オキシドール希釈溶液を入れずに、3 mol/L 硫酸 5 mL を入れ、さらに純水を加えた後、0.0200 mol/L 過マンガン酸カリウム標準溶液を 0.1 mL 滴下したところ、得られた溶液は、下線 (1) の溶液と体積が等しく、同じ濃さの微赤色を呈していた。オキシドール希釈溶液 10.0 mL 中の H_2O_2 に対して過不足なく反応する MnO_4^- の量は 0.0200 mol/L 過マンガン酸カリウム標準溶液の何 mL に相当するか。

問7 オキシドール希釈溶液 10.0 mL 中の H_2O_2 のすべてが MnO_4^- と反応したときに発生する気体は 0 °C, 1.01×10^5 Pa において何 mL か。

問8 オキシドール原液中の H_2O_2 の質量パーセント濃度を求めよ。なお、オキシドール原液の密度を 1.01 g/cm^3 とする。

問9 下線 (a) の硫酸を加えないとどうなるかを理由とともに述べよ。

〔III〕 文章を読んで問いに答えよ。

まず、「反応進行度」という量を定義する。反応進行度とは反応の進行の度合いを示す量で、ここでは x で表すことにする。例えば、 a と b を化学反応式の係数として、



という反応を考えると、 a mol の A が反応して b mol の B が生成したときを反応進行度 1 と定義し、 $x = 1$ とする。 x は実数で、反応が右向きに進んだときは増加し、左向きに進んだときは減少する。また、ここでは x を単位の無い変数として取り扱う。 A の物質量 n_A [mol] は、最初に存在した A の物質量 $(n_A)_0$ から、反応が x だけ進行すると ax mol 減少するので、 x の関数として次のように表すことができる。

$$n_A = (n_A)_0 - ax$$

同様に、 B の物質量 n_B [mol] は、反応が x だけ進行すると bx mol 増加するので、最初にあった物質量を $(n_B)_0$ とすると、次のように表すことができる。

$$n_B = (n_B)_0 + bx$$

(1) 式の場合、 $(n_A)_0$ が a mol より小さければ、反応が $x = 1$ を超えて進行することはあり得ない。もし $(n_A)_0 = 0.5$ mol であれば x がとり得る値の範囲は 0 から $\frac{\text{ア}}{\text{イ}}$ である。

いま、次の気体反応が、 25.0°C において、ピストンの付いた反応容器中で全圧が一定に保たれる条件で進行する場合を考える。



また、この反応の圧平衡定数 K_p を次の値とする。

$$K_p = 1.50 \times 10^4 \text{ Pa} \quad (25.0^\circ\text{C})$$

気体は理想気体であると仮定して、反応容器内の全圧を P [Pa] とし、 N_2O_4 と NO_2 の全物質量を N [mol] とすると、 K_p は次のように書くことができる。

$$K_p = \frac{(n_{\text{NO}_2})^2}{n_{\text{N}_2\text{O}_4}} \times \frac{\text{ウ}}{\text{エ}} \quad (3)$$

(2) 式の反応を n [mol] の純粋な N_2O_4 から開始する場合、 $(n_{\text{N}_2\text{O}_4})_0 = n$ であるから、 $n_{\text{N}_2\text{O}_4}$ は (2) 式に対して定義される反応進行度 x の関数として次のように表すことができる。

$$n_{\text{N}_2\text{O}_4} = \text{オ}$$

同様に、 n_{NO_2} を (2) 式の反応進行度 x の関数として表すと次のようになる。

$$n_{\text{NO}_2} = \text{カ}$$

また、全物質量 N を x の関数として表すと次のようになる。

$$N = \boxed{\text{キ}}$$

したがって、平衡時における x を x_e とすると、(3) 式より次の式が得られる。

$$x_e = \sqrt{\frac{\boxed{\text{ク}}}{\boxed{\text{ケ}}}} \quad (4)$$

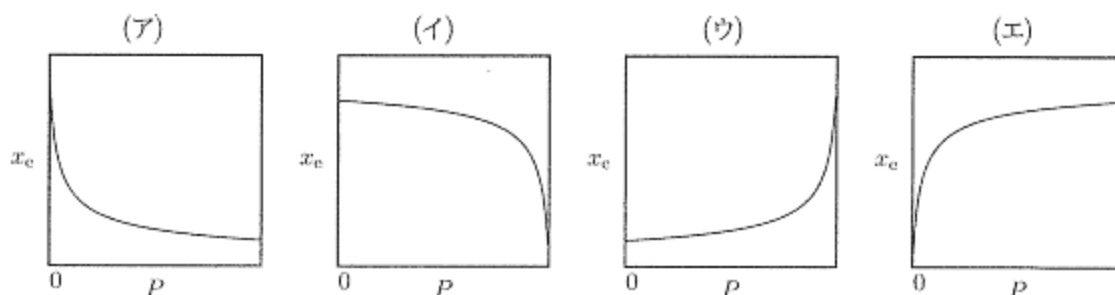
問 1 気体の N_2O_4 と NO_2 の色を書け。

問 2 $\boxed{\text{ア}} \sim \boxed{\text{ケ}}$ に適した式、記号または数値を書け。

問 3 25.0°C において、 0.0100 mol の純粋な N_2O_4 から反応を開始し、容器内の全圧をピストンによって常に $1.125 \times 10^4 \text{ Pa}$ に保てば、(2) 式の反応はある反応進行度で平衡状態となる。この時の反応進行度を有効数字 3 桁で書け。

問 4 25.0°C において、 0.0100 mol の純粋な NO_2 から反応を開始し、容器内の全圧をピストンによって常に $1.125 \times 10^4 \text{ Pa}$ に保った。この条件での(2)式の平衡状態における反応進行度を有効数字 3 桁で書け。

問 5 P と x_e の関係を表しているグラフは次の(ア)～(エ)のうちのどれか。記号で答えよ。



問 6 (4) 式が示していることは、ある一般則と一致する。その名称を書け。

〔IV〕 文章を読んで問いに答えよ。

フェノールとホルムアルデヒドを、酸を触媒として反応させると、まず〔ア〕反応が起こり、〔A〕が生成する。この〔A〕が、さらにフェノールと〔イ〕反応を起こすと、〔B〕が生成する。これが繰り返されると〔ウ〕とよばれる分子量 1000 程度のやわらかい固体が得られる。〔ウ〕に硬化剤を加えて加熱するとフェノール樹脂となる。

一方、フェノールとホルムアルデヒドを、塩基を触媒として反応させると、まず〔エ〕とよばれる分子量 100～300 程度の粘性のある液状物質が得られる。〔エ〕は硬化剤を加えなくても、加熱するだけでフェノール樹脂となる。

フェノール樹脂は、〔オ〕性に優れているためプリント配線基板や配電盤などに用いられる。また、高い〔カ〕性を有するため鍋の持ち手部分などにも用いられる。

〔ウ〕は直鎖状の分子であるが、フェノールの代わりに図 1 の *p*-*t*-ブチルフェノールを用いて、反応条件をうまく制御すると、カリックスアレーンとよばれる環状の分子が得られる。カリックスアレーンにはいろいろな大きさのものが存在し、*p*-*t*-ブチルフェノール n 個からなるものをカリックス〔 n 〕アレーンとよぶ。例えば、図 2 のカリックスアレーンは 4 量体であり、カリックス〔4〕アレーンとよばれる。カリックス〔4〕アレーンは図 3 のような立体構造をしており、空洞の中に別の分子を取り込み、複合体をつくることがある。

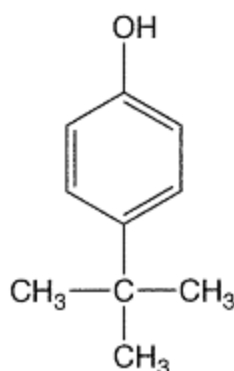


図 1 *p*-*t*-ブチルフェノール

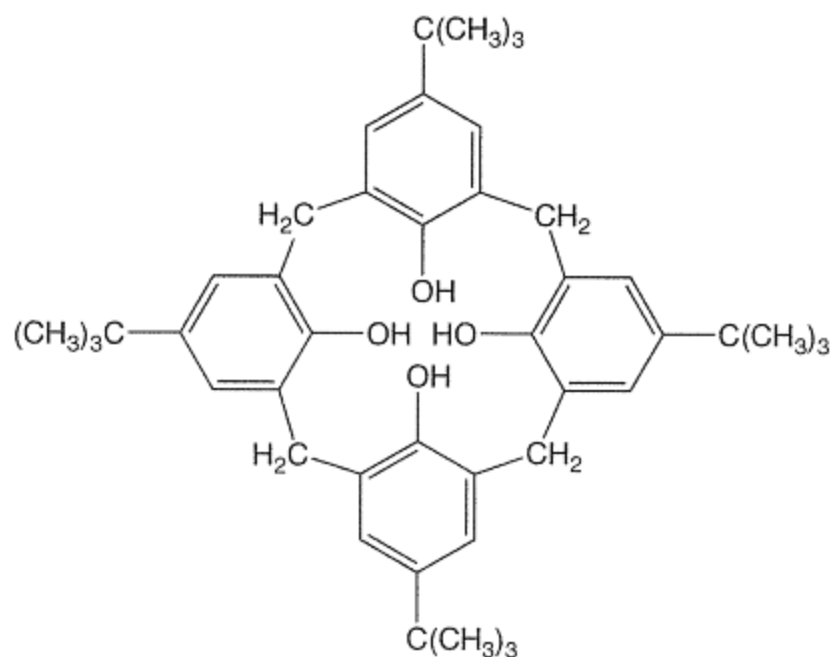


図2 カリックス[4]アレーン

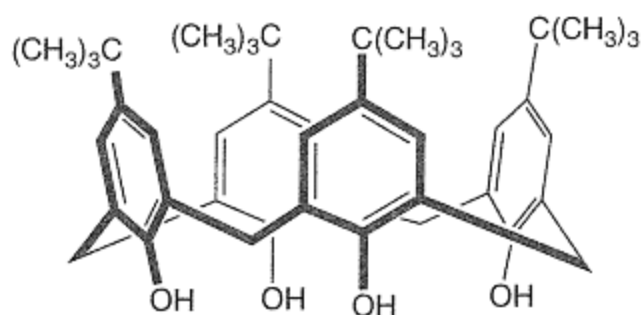


図3 カリックス[4]アレーンの立体構造

問1 および の構造式を書け。

問2 ～ に適した語句または物質名を書け。

問3 下線のようなことが起こる理由を書け。

問4 p - t -ブチルフェノールからつくられた、何量体か不明なカリックス $[x]$ アレーンがある。648 mg のカリックス $[x]$ アレーンをテレフタル酸と反応させたところ、カリックス $[x]$ アレーンのヒドロキシ基のうち2つのみがテレフタル酸とエステル結合し、分子内で架橋構造を形成した化合物 713 mg となった。この反応が完全に進行したと仮定したとき、このカリックス $[x]$ アレーンの x の値を求めよ。

問5 問4 のカリックス $[x]$ アレーン 1 分子に、酸素原子を含まない化合物 Y が 1 分子取り込まれて、複合体ができた。この複合体は、炭素、水素、酸素原子のみからなっていた。この複合体 126 mg を完全燃焼させたところ、二酸化炭素 407 mg と水 63 mg が得られた。Y の分子式を書け。

