

平成30年度 入学試験問題

理科問題用紙(後期)

試験時間	120分
問題用紙	物理 1～8頁
	化学 9～18頁
	生物 19～29頁

注意事項

1. 指示があるまで問題用紙は開かないこと。
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. 問題用紙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. 携帯電話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. 問題用紙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. この問題用紙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、問題用紙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、問題用紙は持ち帰ること。

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 O : 16.0

[I] 中和滴定では、アルカリ標準溶液として水酸化ナトリウム水溶液が広く用いられる。しかし、水酸化ナトリウムの固体は空気中の二酸化炭素を吸収してできた炭酸ナトリウムを含み、また、その潮解性に起因して水分を吸収しやすいので、固体の質量を量って正確な濃度の水酸化ナトリウム溶液を得ることができない。そのため、水酸化ナトリウム溶液の使用にあたっては、炭酸塩を含まない水酸化ナトリウム溶液を調製した後、適当な標準溶液で滴定して水酸化ナトリウム濃度が決定される。また、調製された溶液は二酸化炭素の吸収を防ぐためにソーダ石灰管を接続した容器で保存する必要がある。

水酸化ナトリウム標準溶液が二酸化炭素を吸収すると中和滴定の結果がどのような影響を受けるかを確認するため、いくつかの実験を行った。(1)～(4)を読んで問いに答えよ。なお、滴定中、空気中から溶液に吸収される二酸化炭素の量は無視でき、また、溶液から二酸化炭素は逃げないものとして考えよ。

- (1) 部分的に二酸化炭素と反応してできた炭酸ナトリウムを含む水酸化ナトリウムの固体を量りとり、同質量の純水に溶解した。これを密閉したポリエチレンびんに数日間保管したところ、
(ア)炭酸ナトリウムがすべて結晶として析出した。その上澄み液の一部をとり、(イ)純水で希釈してアルカリ溶液 A とした。続いてアルカリ溶液 A の一部を取り、二酸化炭素をある時間通じてアルカリ溶液 B とした。
- (2) アルカリ溶液 B を (ウ)10.0 mL とり、フェノールフタレイン溶液を数滴加えた。この溶液に 0.100 mol/L 塩酸を (エ)滴下したら、(オ)溶液の変色が起こるまでに 10.3 mL を要した。次に、この溶液にメチルオレンジ溶液を数滴加えて滴定を続けたところ、はじめから 11.5 mL の塩酸を滴下したところで (カ)溶液の色が変化した。
- (3) 0.100 mol/L 塩酸を 10.0 mL とり、(イ)純水を加えて溶液の全量を 100 mL とした。この溶液にアルカリ溶液 A を少量ずつ滴下して溶液の pH を測定したところ、図 1 の滴定曲線が得られた。一方、アルカリ溶液 B を滴下したときには、図 2 の滴定曲線が得られた。
- (4) 0.100 mol/L 酢酸を 10.0 mL とり、(イ)純水を加えて溶液の全量を 100 mL とした。この溶液にアルカリ溶液 B を少量ずつ滴下して溶液の pH を測定したところ、図 3 の滴定曲線が得られた。

なお、図 1~3 の点 a~d は中和点である。

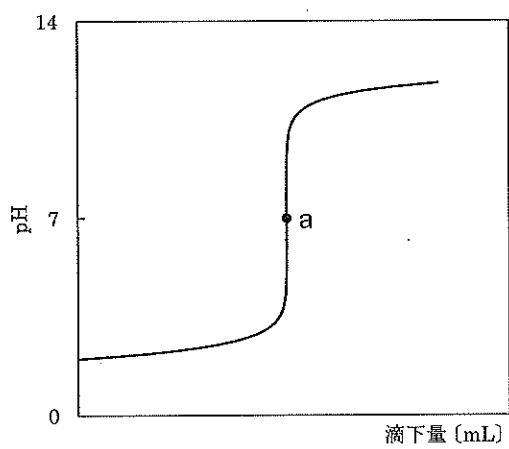


図 1

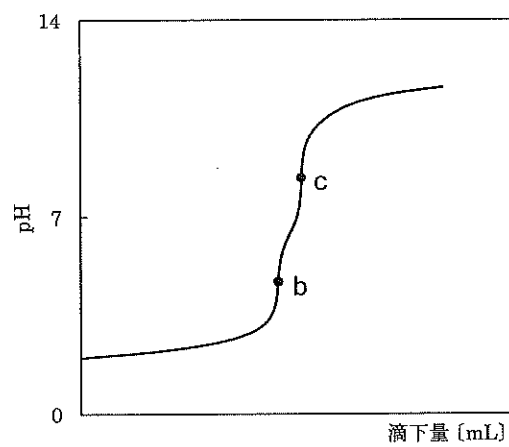


図 2

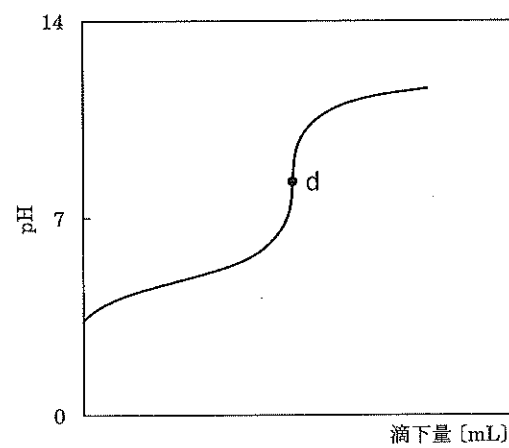


図 3

問 1 下線(ア)は、水酸化ナトリウムの濃厚水溶液中では純水中に比べて炭酸ナトリウムの溶解度が著しく低下することを示している。溶解度が低下する理由を述べよ。

問 2 下線(イ)の純水は二酸化炭素を含まないものである必要があるが、純水として通常用いられる蒸留水には保管中に空気中の二酸化炭素が溶け込んでしまう。下線(イ)の純水として用いるのに適した水を得るには、蒸留水にどのような処理をして二酸化炭素を除去したらよいか。

問 3 下線(ウ)および(エ)で用いるのに最も適したガラス器具の名称をそれぞれ書け。

問 4 下線(オ)および(カ)の変色は、それぞれ何色から何色への変化か。

問 5 アルカリ溶液 B に溶けている水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムの濃度[mol/L]をそれぞれ有効数字 2 桁で求めよ。

問 6 図 2 において、滴定開始から点 b までの間で起こっている反応の反応式をすべて書け。

問 7 図 2 の点 b から点 c の間で起こる反応によって生成する塩の組成式をすべて書け。

問 8 図 1, 2 および 3 において滴定開始から a, b, c および d の各点までに要したアルカリ溶液の滴下量に関する (あ) ~ (け) の記述のうち正しいものをすべて選び, 記号で答えよ。

(あ) 点 b は, 点 a と滴下量が一致する。

(い) 点 c は, 点 a と滴下量が一致する。

(う) 点 b も点 c も, 点 a とは滴下量が一致しない。

(え) 点 b の滴下量は 10.3 mL である。

(お) 点 c の滴下量は 11.5 mL である。

(か) 点 b の滴下量は 10.3 mL ではなく, 点 c の滴下量は 11.5 mL ではないが, 点 b と点 c の滴下量の差は 1.2 mL である。

(き) 点 d の滴下量は, フェノールフタレインを指示薬にして (4) と同じ条件で 0.100 mol/L 酢酸 10.0 mL をアルカリ溶液 A で滴定した終点の滴下量と一致する。

(く) 点 d の滴下量は, フェノールフタレインを指示薬にして (4) と同じ条件で 0.100 mol/L 酢酸 10.0 mL をアルカリ溶液 A で滴定した終点の滴下量より大きい。

(け) 点 d の滴下量は, フェノールフタレインを指示薬にして (4) と同じ条件で 0.100 mol/L 酢酸 10.0 mL をアルカリ溶液 A で滴定した終点の滴下量より小さい。

[II] 気体の状態方程式は成立するが、アボガドロ定数が現実の値と異なる仮想世界を考える。気体はすべて理想気体とし、現実の世界の気体定数を $R = 8.30 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$, 現実の世界のアボガドロ定数を $N_A = 6.00 \times 10^{23} / \text{mol}$ として問いに答えよ。

問1 気体に関する基本的な法則の1つに「同温・同圧の下では、気体の種類によらず、同体積の気体には同数の分子が含まれる」というものがある。この法則の名称を書け。また、以下の問いでは、この法則が現実世界でも仮想世界でも共通して成り立つと仮定せよ。

問2 圧力が $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$, 温度が 300 K のとき、仮想世界の気体のモル体積は 33.0 L/mol であるとする。仮想世界の気体定数を R' として、 R' の値を $\text{Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ の単位で有効数字2桁で求めよ。

問3 現実世界において、物質質量 n [mol] の気体の圧力、温度、体積が P [Pa], T [K], V [L] であるとする。一方、仮想世界においては、同じ P , T , V の条件における気体の物質質量は n' [mol] であるとする。 n' を n , R , R' を用いた等式で示せ。

問4 仮想世界のアボガドロ定数の値を有効数字2桁で求めよ。

問5 仮想世界における炭素の原子量を有効数字2桁で求めよ。ただし、現実世界における炭素の原子量は 12.0 とせよ。また、炭素原子1個の質量は仮想世界も現実世界も同じとせよ。

[III] 文章を読んで問いに答えよ。

硫酸酸性の二クロム酸カリウム ($K_2Cr_2O_7$) 溶液中で、アルコールの酸化反応を行った。1-プロパノール (プロパン-1-オール) は、 を経て まで酸化された。この反応において、
(1) 1-プロパノール 3 mol をすべて に酸化するには、二クロム酸カリウム 1 mol と硫酸 4 mol を必要とした。 同様に 3 mol の をすべて に酸化するのにも二クロム酸カリウム 1 mol と硫酸 4 mol を要した。また、2-ブタノール (ブタン-2-オール) の反応では、 が生成した。

一方、直鎖状の炭素骨格をもつアルコール **A** を、同様の反応により完全に酸化したところ化合物 **B** が生成した。(2) この反応においてケトン化合物は生成せず、3 mol のアルコール **A** に対し二クロム酸カリウム 4 mol と硫酸 16 mol が消費された。

さらに、化合物 **B** とヘキサメチレンジアミンの混合物を加熱したところ、ナイロン 66 が生成した。

問 1 と にあてはまる化合物名を書け。

問 2 にあてはまる化合物名を書け。

問 3 下線(1)を反応式で示せ。

問 4 下線(2)からわかるアルコール **A** の特徴を答えよ。

問 5 アルコール **A** にあてはまる構造式を書け。

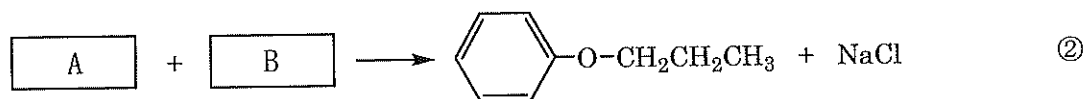
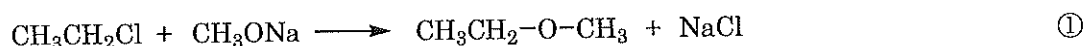
問 6 化合物 **B** の名称を書け。

[IV] 文章を読んで問いに答えよ。

エタノールを濃硫酸とともに約 130~140℃に加熱すると主として **ア** が生じ、約 160~170℃に加熱すると主として **イ** が生じる。しかし、これらの反応はそれぞれ **ア** と **イ** のみが生成するのではなく、どちらも **ア** と **イ** の混合物として生成する。

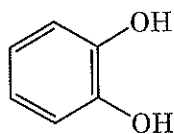
2-ブタノールを濃硫酸とともに加熱すると、(1)分子内での脱水反応が優先して起こってしまう。したがって、2-ブタノール二分子が脱水したエーテルを合成するには、この方法はふさわしくない。

また、非対称なエーテルを合成する場合にも、2種類のアルコールを濃硫酸とともに加熱するのは効率的な方法ではない。(2)エチルメチルエーテルのような非対称なエーテルを合成したい場合には、①式のような反応をすると効率よく得ることができる。またこのような反応を用いれば、②式のようにフェニルプロピルエーテルを合成することもできる。

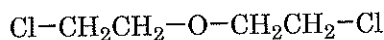


分子内にハロゲンがついた炭素とヒドロキシ基のついた炭素が両方存在する場合には、分子内で①式のような反応が起こることがある。例えば、2-クロロエタノール($\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$)に、塩基を用いて分子内でエーテル結合を形成させると、(3)エチレンオキシドができる。エチレンオキシドは立体的なひずみにより不安定なため、酸を用いて水と反応させると開環して **ウ** ができる。

下の化合物 **1** と **2** に塩基を用いて①式のような反応をしたところ、得られた生成物の中に化合物 **3** があった。分析の結果、化合物 **3** は炭素、水素、酸素のみからなる化合物で、ヒドロキシ基をもっていないことがわかった。化合物 **3** を 18.0 mg とり完全燃焼させたところ、二酸化炭素が 44.0 mg、水が 10.8 mg 生じた。また化合物 **3** の分子量は 360 であった。



1



2

問 1 ~ にあてはまる化合物名を書け。

問 2 , にあてはまる構造式を書け。A, B の順序は問わない。

問 3 下線(1)のような 2-ブタノールの分子内脱水反応で、生成する可能性のある化合物の構造式をすべて書け。立体異性体がある場合は区別して書くこと。

問 4 下線(2)に関して、エタノールとメタノールの混合物を濃硫酸とともに加熱したとき、エチルメチルエーテル以外に生成する可能性のあるエーテルの構造式をすべて書け。

問 5 下線(3)エチレンオキシドの構造式を書け。

問 6 化合物 3 の分子式および構造式を書け。

問 7 過マンガン酸カリウムはベンゼンに溶解しない。しかし、化合物 3 を溶かしたベンゼンに過マンガン酸カリウムを加えると溶解して紫色の溶液となる。この理由を説明せよ。