

平成 26 年度入学者選抜学力検査問題

理 科

物 理 1 ページ～ 19 ページ

化 学 20 ページ～ 33 ページ

生 物 34 ページ～ 53 ページ

地 学 54 ページ～ 63 ページ

注 意 事 項

1. この冊子は、監督者から解答を始めるよう台図があるまで開いてはいけません。
2. 監督者から指示があったら、解答用紙の上部の所定欄には受験番号、座席番号を、また、下部の所定欄には座席番号をそれぞれ必ず記入しなさい。その他の欄には記入してはいけません。
3. 選択科目として届け出た科目について解答しなさい。それ以外の科目について解答すると失格となります。
4. 解答すべき問題の番号は、各学部・学科ごとに異なるので、各科目の最初に書いてある注意事項の表で確認しなさい。
5. この冊子の余白の部分を計算、下書きに使用してもかまいません。
6. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず、持ち帰ってはいけません。
7. この冊子は持ち帰ってかまいません。
8. 落丁、乱丁、または印刷の不備なものがあったら申し出なさい。

化 学

注意 1. 志望学部・学科により、以下に示す番号の問題を解答すること。

志望する学部・学科	解答する問題番号
教育学部 志望者のうち化学を選択する者	1 2 5
理学部 化学科志望者	1 2 3 4 5 6
理学部 地球科学科志望者のうち化学を選択する者	1 2 3 5
医学部 志望者のうち化学を選択する者	2 3 4 6
薬学部	2 3 4 6
看護学部 志望者のうち化学を選択する者	1 5 6
工学部 建築学科、都市環境システム学科、機械工学科、電気電子工学科、ナノサイエンス学科、画像科学科、情報画像学科志望者、およびデザイン学科、メディカルシステム工学科志望者のうち化学を選択する者	1 2 5
工学部 共生応用化学科志望者	2 3 4
園芸学部 志望者のうち化学を選択する者	3 5 6
先進科学プログラム(方式Ⅱ) 物理化学・生命化学分野志望者のうち化学を選択する者	1 2 3 5
先進科学プログラム(方式Ⅱ) 電気電子工学分野、ナノサイエンス分野、画像科学分野、情報画像分野志望者	1 2 5

2. 解答はすべて所定の解答用紙に記入すること。

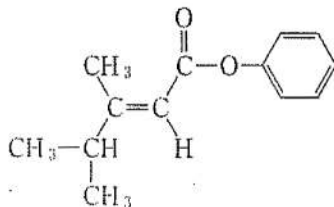
3. 必要があれば次の数値を用いなさい。

原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, S = 32.1

I = 127.0

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

4. 構造式は下の例にならって解答しなさい。



- 1 シュウ酸標準溶液を用いて、およそ 0.2 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液の濃度を中和滴定で求めたい。次の一連の実験操作に関する以下の問い(問1～4)に答えなさい。

問1 中和滴定に用いるシュウ酸標準溶液 250 mL を次の手順でつくった。

試薬びんからとったシュウ酸二水和物($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)を [ア] に入れて天秤で正確にはかりとったところ、 1.512 g であった。これに少量の純水を加え、 [イ] でかきまぜながら完全に溶かした。その後、これを 250 mL の [ウ] に移した。このとき、液がこぼれないように [ウ] の口には [エ] をつけた。 [ア] および [エ] の内側に付着した液は、 [オ] の純水をふきつけて洗い、その洗液も [ウ] の中の溶液に加え、液面がちょうど目盛りの高さに一致するまで純水を加えた。このとき、 [オ] を使うと純水を入れすぎる心配があったので、最後の 1 mL ほどは [カ] を用いて加えた。最後に [ウ] の栓をして、溶液が均一になるようによく振り混ぜた。

(1) 文中の [ア] ～ [カ] に該当する器具として最も適切なものを次の(a)～(o)から選び、記号で答えなさい。

- | | | |
|------------|-------------|--------------|
| (a) 洗びん | (b) 三角フラスコ | (c) 丸底フラスコ |
| (d) メスフラスコ | (e) メスシリンダー | (f) ろ紙 |
| (g) アルミホイル | (h) ガラス棒 | (i) 金属製の葉さじ |
| (j) ピュレット | (k) ビーカー | (l) こまごめピペット |
| (m) ガラス管 | (n) ホールピペット | (o) ろうと |

(2) このシュウ酸標準溶液の濃度は何 mol/L か求めなさい。計算過程も示し、有効数字3けたで答えなさい。

問 2 滴定に用いる 100 mL コニカルビーカーは乾いていたが、50 mL のビュレットと 20 mL のホールピペットは純水で洗ったばかりでぬれていた。この滴定をすぐに行うために、これらの器具はどのように用いたらよいか。最も適切な操作を次の(a)~(d)から選びなさい。

- (a) ビュレットはぬれたまま、ホールピペットは熱して乾かしてから用いる。
- (b) ホールピペットはぬれたまま、ビュレットは熱して乾かしてから用いる。
- (c) ビュレットは水酸化ナトリウム水溶液で、ホールピペットはシュウ酸標準溶液で、それぞれ数回繰り返しすすいでから用いる。
- (d) ビュレットはシュウ酸標準溶液で、ホールピペットは水酸化ナトリウム水溶液で、それぞれ数回繰り返しすすいでから用いる。

問 3 この滴定で用いる指示薬として適当なものを A 群から、中和点を過ぎたときの液の色の変化を B 群から、それぞれ選んで記号をかきなさい。

【A 群】 (ア) メチルオレンジ (イ) フェノールフタレイン

【B 群】 (ウ) 赤色から青色に変わる。 (エ) 黄色から青色に変わる。

(オ) 赤色から無色に変わる。 (カ) 無色から赤色に変わる。

(キ) 赤色から黄色に変わる。 (ク) 黄色から赤色に変わる。

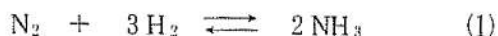
問 4 20 mL のホールピペットで 1 回分とった検液に対して中和滴定を行ったところ、滴定前のビュレットの読みは 13.10 mL、滴定後のビュレットの読みは 23.20 mL であった。

- (1) 滴定後のビュレットを正面から見たときの液面の状態を、解答用紙の図の中に描きなさい。
- (2) この水酸化ナトリウム水溶液の濃度は何 mol/L か求めなさい。計算過程も示し、有効数字 3 けたで答えなさい。
- (3) 中和点でのコニカルビーカー内のシュウ酸ナトリウムの濃度は何 mol/L か求めなさい。計算過程も示し、有効数字 3 けたで答えなさい。ただし、中和による体積変化は無視できるものとする。

2 次の文章を読み、以下の問い(問1～5)に答えなさい。

アンモニア分子では、合計 個の電子が共有結合を形成しており、窒素原子の価電子のうち 個は共有結合に関与しない。また、窒素原子の酸化数は である。

アンモニアは、工業的には以下の反応式(1)にしたがい、四酸化三鉄を主成分とする触媒を用いて、400～600℃、 $2 \times 10^7 \sim 1 \times 10^8$ Paの反応条件下で、窒素と水素から合成されている。その方法は 法と呼ばれている。この反応は可逆反応であり、また発熱反応であるため、一定の圧力におけるアンモニアの生成量は、反応温度の とともに増える。また一定の反応温度におけるアンモニアの生成量は、圧力の とともに増える。



アンモニアの合成に関して、以下の実験1および実験2を行った。

実験1：容積を自由に調節できる密閉容器に、窒素1.0 molと水素3.0 molを入れ、一定の温度 T_1 および一定の圧力 P_1 で反応させた。平衡状態になったとき、容器内に生成したアンモニアのモル分率は0.20であった。^①

実験2：次に、生成したアンモニアのみをこの容器から完全に取り出した。その後、容器内に残った窒素と水素を、再び一定の温度 T_1 および一定の圧力 P_1 で反応させたところ、平衡状態になり、容器内にアンモニアが生成した。^②

問 1 ~ にあてはまる適切な数字, ~ にあてはまる適切な語句を, それぞれかきなさい。

問 2 アンモニア分子における N-H 結合の結合エネルギーを求めなさい。計算過程も示し, 有効数字 3 けたで答えなさい。ただし, アンモニア 1 mol あたりの生成熱を 46.5 kJ/mol とし, 窒素分子の N≡N 結合および水素分子の H-H 結合の結合エネルギーを, それぞれ 945 kJ/mol および 436 kJ/mol とする。

問 3 下線部①のときに, 容器内に生成したアンモニアの物質量を求めなさい。計算過程も示し, 有効数字 2 けたで答えなさい。

問 4 実験 1 において, $T_1 = 500\text{ }^\circ\text{C}$, $P_1 = 4.0 \times 10^7\text{ Pa}$ であったとする。下線部①のときの, 容器の容積を求めなさい。計算過程も示し, 有効数字 2 けたで答えなさい。ただし, すべての気体は理想気体としてふるまうものとする。

問 5 下線部②のときに, 容器内に生成したアンモニアの物質量を求めなさい。計算過程も示し, 有効数字 2 けたで答えなさい。

3 次の文章ⅠおよびⅡを読み、以下の問い(問1～8)に答えなさい。

Ⅰ 硫黄は周期表 ア 族の元素であり、イ 個の価電子を持っている。単体の硫黄には、斜方硫黄、単斜硫黄、ゴム状硫黄などの ウ がある。硫黄を燃焼させると二酸化硫黄が生成する。指示薬としてプロモチモールブルーを加えた水に、二酸化硫黄を通じると、その色は エ から オ へと変化する。

硫化水素は、実験室においては カ に希塩酸や希硫酸を加えて発生させた気体を キ 置換で捕集することで得られる。二酸化硫黄は、硫化水素に対しては ケ 剤として働く。

工業的に硫酸を製造するには、酸化バナジウム(V)を触媒として二酸化硫黄を酸化し、生じた三酸化硫黄を水と反応させる。このような硫酸の製造方法を ク という。

問1 ア および イ にあてはまる適切な数字、ウ ～ケ にあてはまる適切な語句をそれぞれかきなさい。

問2 下線部①に関連する次の(1)および(2)に答えなさい。

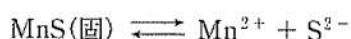
- (1) 室温で最も安定なものを一つかきなさい。
- (2) 二硫化炭素に溶けるものをすべてかきなさい。

問3 硫化水素を下線部②の方法で捕集する理由を20字以内で説明しなさい。

問4 下線部③の反応について、次の(1)および(2)に答えなさい。

- (1) 化学反応式を示しなさい。
- (2) 化学反応式中のすべての硫黄Sについて、酸化数を化学反応式の元素記号の下に示しなさい。

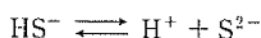
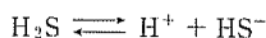
II 金属イオンを含む水溶液に硫化水素を通じると、硫化物の沈殿を生じるものがあり、金属イオンの検出に利用されるが、硫化水素と金属イオンとの反応は、水溶液の pH の影響を受ける。以下では硫化水素とマンガン(II)イオンの反応を考える。難溶性の塩の溶解平衡では、溶解によって生じるイオンの濃度の積が溶解度積と呼ばれる一定値をとる。したがって、イオンの濃度の積が溶解度積に達すると沈殿が生じ始めることになる。硫化マンガン(II)の溶解平衡は、



で表される。25 °C における溶解度積 K_{sp} の値を

$$K_{\text{sp}} = [\text{Mn}^{2+}][\text{S}^{2-}] = 6.0 \times 10^{-16} \text{ (mol/L)}^2$$

とする。一方、硫化水素は、水溶液中で



のように 2 段階で電離する。25 °C における各段階の電離定数 K_1 、 K_2 の値を

$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} = 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

$$K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol/L}$$

とする。

問 5 硫化水素が溶解している水溶液の pH を大きくすると、硫化物イオン濃度 $[\text{S}^{2-}]$ は増加するか減少するか答えなさい。

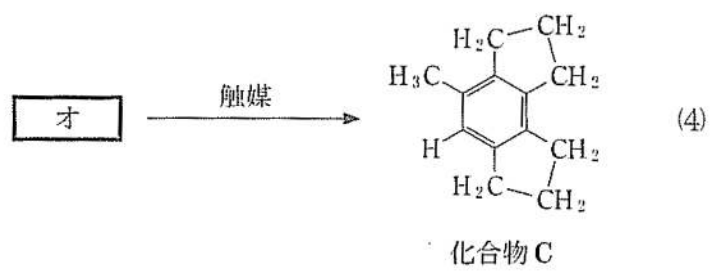
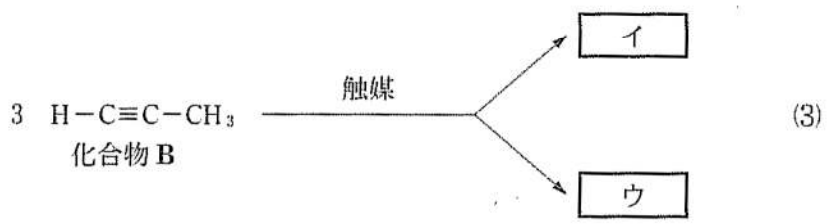
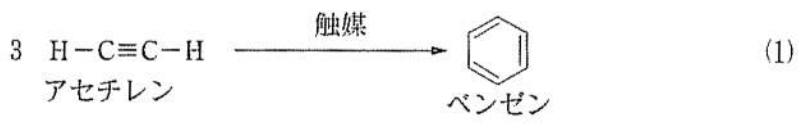
問 6 水素イオン濃度を $[\text{H}^+]$ 、硫化水素の全濃度 $[\text{H}_2\text{S}] + [\text{HS}^-] + [\text{S}^{2-}]$ を a としたとき、水溶液中の硫化物イオン濃度 $[\text{S}^{2-}]$ を、 $[\text{H}^+]$ 、 a 、 K_1 、 K_2 を用いて表しなさい。

問 7 硫化水素の全濃度が 0.10 mol/L の水溶液を考える。25 °C において、pH が 3.00 および 7.00 の場合の硫化物イオン濃度 $[\text{S}^{2-}]$ をそれぞれ計算し、有効数字 2 けたで答えなさい。

問 8 25℃において、マンガン(II)イオンを 0.010 mol/L 含む強酸性の水溶液に硫化水素を通じ、水溶液中の硫化水素の全濃度を 0.10 mol/L とした。この水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えて pH を 3.00 に調整した場合および pH を 7.00 に調整した場合のそれぞれについて、硫化マンガン(II)の沈殿の有無を理由とともに答えなさい。ただし、水酸化ナトリウム水溶液を加えたことで生じる水溶液の体積の変化は無視できるものとする。

4 次の文章ⅠおよびⅡを読み、以下の問い(問1～5)に答えなさい。

Ⅰ 適当な触媒の存在下でアセチレンを加熱すると、アセチレン3分子が付加反応を起こしてベンゼンになる(式1)。この反応でアセチレンの代わりに化合物Aを用いると [ア] が得られ(式2)、化合物Bを用いると [イ] と [ウ] の混合物が得られる(式3)。なお、[イ] と [ウ] は [エ] 異性体の関係である。また、3つの三重結合をもつ [オ] を用いて付加反応を行うと化合物Cが得られる(式4)。



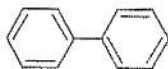
問 1 ~ にあてはまる化合物の構造式をかきなさい。

問 2 にあてはまる適切な語句をかきなさい。

問 3 にあてはまる化合物の構造式をかきなさい。

II 上記の付加反応に関連する以下の実験を行った。

標準状態で 5.00 L のアセチレンと分子式が C_4H_2 の化合物 D を混合し、触媒存在下で付加反応を行ったところ、ベンゼンとともに 0.400 g のビフェニルが得られた。なお、この反応ではアセチレンおよび化合物 D は付加反応で完全に消費され、ベンゼン、ビフェニル以外の生成物は得られなかった。



ビフェニル(分子量 154)

問 4 化合物 D の構造をかきなさい。

問 5 II の実験でベンゼンは何 g 得られたか。計算過程も示し、有効数字 3 けたで答えなさい。

5 次の文章を読み、以下の問い(問1～5)に答えなさい。

化合物Aは、水と任意の割合で混じり合う無色の液体であり、合成原料、溶媒、消毒薬などに広く利用されている。化合物Aは化合物Bと水との反応により工業的に製造されるが、ブドウ糖などのアルコール発酵でもつくられる。

化合物Aをおだやかに酸化すると化合物Cが生成し、さらに酸化すると化合物Dが得られる。化合物Dとアセチレンの反応により、合成樹脂の原料となる化合物Eが生成する。^①また、化合物Dに十酸化四リンを加えて加熱すると、化合物Fが生成する。化合物Fをサリチル酸と反応させると、解熱鎮痛剤として使用される化合物Gが得られる。^②

問1 化合物A～Gにあてはまる適切な化合物名をかきなさい。

問2 化合物Bからポリ塩化ビニルを生成する反応を化学反応式で段階的に示しなさい。

問3 (1) 化合物Aおよび化合物Cのヨードホルム反応をそれぞれ化学反応式で示しなさい。

(2) 化合物Aと化合物Cが任意の割合で混じり合った混合液0.506gを用いてヨードホルムを生成する場合、組成に関わらず混合液中の化合物Aおよび化合物Cのすべてを反応させるためには、何gのヨウ素が必要か。考え方と計算過程も示し、有効数字3けたで答えなさい。ただし、ヨードホルム反応は完全に進行するものとする。

問4 下線部①に関して、化合物Eの付加重合により得られる高分子化合物をメタノールに溶解し、水酸化ナトリウム水溶液を加えてけん化したところ、高分子化合物の質量は58%に低下した。高分子化合物に含まれるエステル基の何%がけん化されたか。計算過程も示し、有効数字2けたで答えなさい。

問 5 下線部②に関して，サリチル酸と化合物 G とを見分ける呈色反応に使用する試薬名，呈色反応で変化が観察される化合物名，および呈色反応後の色をそれぞれ答えなさい。

6 次の文章を読み、以下の問い(問1～4)に答えなさい。

2分子および3分子の天然 α -アミノ酸が脱水縮合したものをそれぞれジペプチドおよびトリペプチドとよぶ。3種類の α -アミノ酸(X, Y, Z)からなり、分子式が $C_9H_{15}N_3O_6$ のトリペプチドMがある。トリペプチドMおよびその構成成分に関する実験1～4を行い、以下の結果を得た。

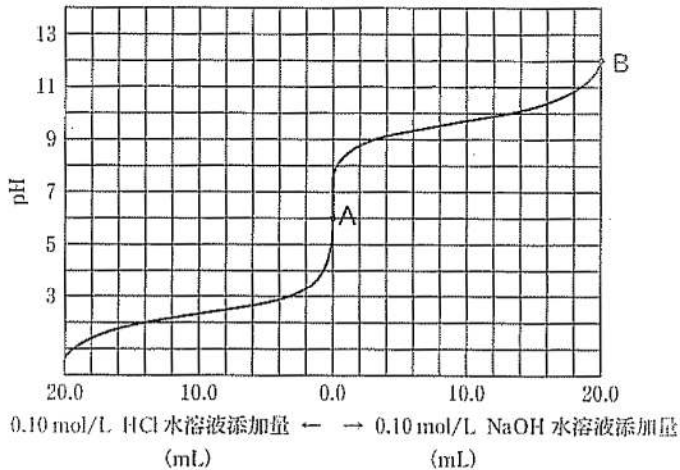
実験1 トリペプチドMを部分的に加水分解したところ、 α -アミノ酸Xと分子式が $C_7H_{12}N_2O_5$ であるジペプチドNが得られた。 α -アミノ酸Xを、無水酢酸と反応させると、分子式 $C_4H_7NO_3$ の化合物が得られた。

実験2 実験1で生じたジペプチドNを完全に加水分解した後、分子式が $C_3H_7NO_2$ である α -アミノ酸Y、および、 α -アミノ酸Zを分離した。この α -アミノ酸Zを、メタノールに溶解し少量の硫酸を加えて煮沸すると、分子式 $C_6H_{11}NO_4$ の化合物が得られた。

実験3 一定量のトリペプチドMを完全に加水分解して得られた、 α -アミノ酸Yの水溶液を希塩酸または希水酸化ナトリウム水溶液を用いて滴定すると、次ページの図のようにpHが変化した。A点(滴定開始点)からB点(滴定終了点)に至るまでに0.10 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液20.0 mLを必要とした。

実験4 粒状の陽イオン交換樹脂を詰めた管にイオンを含む水溶液を流すと、樹脂に陽イオンが結合し、陰イオン交換樹脂を詰めた管にイオンを含む水溶液を流すと、樹脂に陰イオンが結合する。イオン交換樹脂に結合したイオンは、イオン交換樹脂に流す緩衝液のpHを変えることにより流し出すことができる。双性イオンである α -アミノ酸についても、緩衝液のpHを変えることによりイオン交換樹脂に結合させたり、流し出したりすることができる。 α -アミノ酸Yと α -アミノ酸ZをpH 7.0の緩衝液に溶かして

ア 交換樹脂に通すと イ は流れ出し、 ウ は結合した。引き続きそのイオン交換樹脂に エ の緩衝液を通すと、ウ は流れ出した。



図

出典：コーン・スタンプ 「生化学」(第4版)東京化学同人，1978年 一部改変

問 1 2種類の α -アミノ酸 $\text{NH}_2\text{-CH}(\text{R}_a)\text{-COOH}$ と $\text{NH}_2\text{-CH}(\text{R}_b)\text{-COOH}$ がそれぞれ1分子ずつ脱水縮合してジペプチドが生成する化学反応式をすべてかきなさい。ただし、 R_a および R_b は α -アミノ酸の側鎖である。

問 2 α -アミノ酸Xと α -アミノ酸Zの分子式および構造式をそれぞれかきなさい。ただし、立体異性体は考慮しなくてよい。

問 3 実験3の結果から、最初あったトリペプチドMの質量は何gであったか。計算過程も示し、有効数字2けたで答えなさい。

問 4 実験4の ア ~ エ にあてはまる適切な語句を次の(a)~(g)から選び記号で答えなさい。

- | | | |
|---------------------|------------|---------------------|
| (a) 陰イオン | (b) 陽イオン | (c) α -アミノ酸Y |
| (d) α -アミノ酸Z | (e) pH 2.5 | (f) pH 7.0 |
| (g) pH 10.0 | | |