

平成 28 年度前期日程入学試験学力検査問題

平成 28 年 2 月 25 日

理 科

物 理…… 4 ～23ページ, 化 学……24～39ページ

生 物……40～51ページ, 地 学……52～62ページ

志 望 学 部	試 験 科 目	試 験 時 間
理 学 部 農 学 部	物理, 化学, 生物, 地学のうちから 2 科目選択	13 : 30～16 : 00 (150 分)
医 学 部 歯 学 部	物理, 化学, 生物のうちから 2 科目選択	
薬 学 部 工 学 部	物理(指定), 化学(指定)	

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで, この問題冊子, 解答用紙を開いてはいけない。
2. この問題冊子は, 62 ページである。問題冊子の白紙のページや問題の余白は草案のために使用してよい。ただし, 冊子の留め金を外したり, ページを切り離しては使用しないこと。なお, ページの脱落, 印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること。
3. 解答は, 必ず黒鉛筆(シャープペンシルも可)で記入し, ボールペン・万年筆などを使用してはいけない。
4. 解答用紙の受験記号番号欄(1 枚につき 2 か所)には, 忘れずに受験票と同じ受験記号番号をはっきりと判読できるように記入すること。
5. 解答は, 必ず選択した科目の解答用紙の指定された箇所に記入すること。
6. 解答用紙を持ち帰ってはいけない。
7. 試験終了後, この問題冊子は持ち帰ること。

化 学

計算のために必要な場合には、以下の数値を使用せよ。

原子量 H = 1.00 C = 12.0 N = 14.0 O = 16.0 Na = 23.0

Al = 27.0 Cl = 35.5 K = 39.1 Zn = 65.0

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

解答に字数の指定がある場合、字数には句読点、数字、アルファベット、および記号も1字として数えよ。なお、問題中の体積記号Lは、リットルを表す。

(例)

F	e	³	+	を	含	む	4	°	C	の	H	₂	O	が	,
---	---	--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--------------	---	---	---

- 1 水に関係する以下の文章を読み、問1から問5に答えよ。なお、気体はすべて理想気体としてふるまうものとする。

水は、大気、海洋、土壌、生体内など地球上のあらゆる場所を循環しながら、固体、液体、気体として存在している。液体の水はさまざまな物質を溶かす溶媒^{a)}として生命体にとって重要な役割を果たしている。そのため、重金属イオンなど^{b)}の人体に有害な物質による水の汚染^{c)}については法令などで厳しく制限されている。また、日本近海の海底においてメタン分子が氷の結晶中にとり囲まれたメタン^{d)}ハイドレートとよばれる化合物が発見され、新しいエネルギー資源として注目されている。

問 1 水に関連した (a) から (e) の記述について、正しいものには○、誤りを含むものには×を解答欄に記入せよ。

- (a) 氷が水に浮くのは、液体の水よりも氷の密度が小さいためである。
- (b) 純粋な水は電離していない。
- (c) 氷は、いかなる温度、圧力でも昇華しない。
- (d) 水温が上がると、水に対する溶解度が小さくなる固体の物質も存在する。
- (e) 水分子は、二つの不対電子をもち、さまざまな金属イオンと錯イオンを形成する。

問 2 下線部 a) に関して、水の気液平衡について考えてみる。

ピストン付き容器に水素 1.0 mol と酸素 1.5 mol を入れ、水素を完全燃焼させた後、容器内の温度を $57\text{ }^{\circ}\text{C}$ で維持したところ、気液平衡状態に達した。以下の問いに答えよ。 $57\text{ }^{\circ}\text{C}$ における水の飽和蒸気圧は $2.0 \times 10^4\text{ Pa}$ とし、酸素の水への溶解は無視できるものとする。また、ピストンを操作しないかぎり、容器内の圧力は常に $1.0 \times 10^5\text{ Pa}$ であるとする。

- (1) 気液平衡状態における容器内の酸素の分圧 [Pa] を有効数字 2 桁で書け。
- (2) 気液平衡状態における容器内の気体の体積 [L] を有効数字 2 桁で書け。
- (3) 気液平衡状態における容器内の液体の水の質量 [g] を有効数字 2 桁で書け。
- (4) 気液平衡状態に達した後、 $57\text{ }^{\circ}\text{C}$ を保ちながらピストンを引き、容器内の体積を増加させると、体積 V_1 以上で水がすべて気体になった。体積 V_1 [L] を有効数字 2 桁で書け。なお、ピストンを引く間、常に気液平衡が保たれているものとする。

問 3 下線部 b) に関して、図 1 に塩化ナトリウム、塩化カリウム、硝酸ナトリウム、および硝酸カリウムの溶解度曲線(水 100 g に溶ける溶質の質量 [g])を示す。これを参考にし、以下の問いに答えよ。電解質の電離度は 1 とし、常に溶解平衡が保たれているものとする。

(1) 100 g の水に 0.3 mol の塩化カリウムと 0.3 mol の硝酸ナトリウムを加え、完全に溶けるまで加熱し、その後、溶液を冷却した。最初に析出する固体の物質名と、その物質が析出する温度 [°C] を整数値で書け。何も析出しない場合には両方の解答欄に「なし」と書け。

(2) 上記 (1) の溶液に水を 5900 g 加え希釈した。この溶液の沸点上昇度 [K] を有効数字 2 桁で書け。なお、水のモル沸点上昇 K_b は $0.52 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ であるとする。

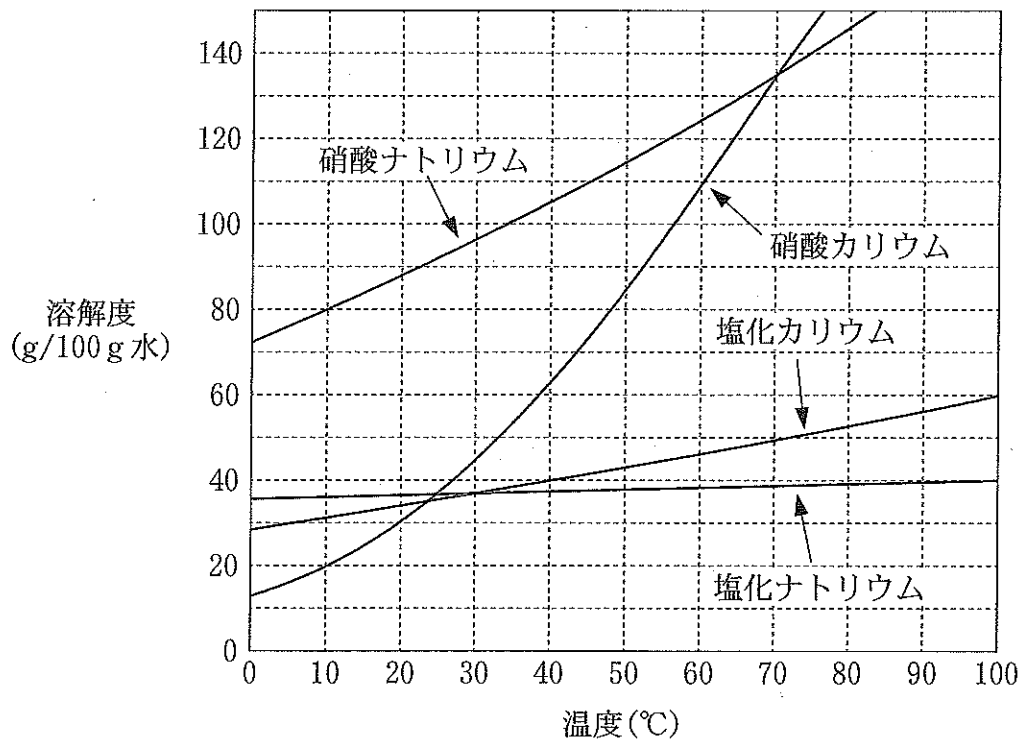


図 1

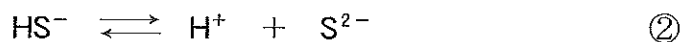
問 4 下線部 c) に関して、水溶液中のカドミウムイオン濃度を下げするために次の操作を行った。以下の問いに答えよ。

操作：濃度 2.0×10^{-6} mol/L のカドミウムイオンを含む水溶液に硫化水素ガスを吹き込んだところ、硫化カドミウム (CdS) の析出に伴い、溶液中のカドミウムイオン濃度が減少した。溶液中のカドミウムイオン濃度が 2.0×10^{-7} mol/L に達した時点で吹き込みを停止した。このときの pH (水素イオン指数) は 6 であった。

ここで、硫化水素は ① 式と ② 式のように 2 段階に電離しており、① 式と ② 式の電離定数をそれぞれ

$$K_1 = 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}, K_2 = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol/L}$$

とする。

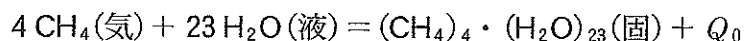


また、硫化カドミウムの溶解度積 K_{sp} は 2.0×10^{-20} (mol/L)² とし、硫化水素を吹き込んでいる間、常に平衡状態が保たれており、溶液の温度は変化しないものとする。

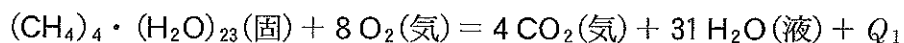
- (1) 硫化水素ガスの吹き込みを停止したときの水溶液中の S^{2-} 濃度 [mol/L] を解答欄 (a) に、 H_2S 濃度 [mol/L] を解答欄 (b) に、それぞれ有効数字 2 桁で書け。
- (2) 酸を加えて pH を変化させながら同様の実験を行ったところ、ある pH を境に硫化水素ガスをいくら吹き込んでも硫化カドミウムの沈殿を生じなかった。その pH を整数値で書け。また、導出過程も書け。なお、水に対する硫化水素の溶解度は pH によらず 0.10 mol/L であるとする。

問 5 下線部 d) に関して、メタンの生成熱を 75 kJ/mol 、気体の二酸化炭素と液体の水の生成熱をそれぞれ 394 kJ/mol と 286 kJ/mol とし、以下の問いに答えよ。

- (1) メタンの燃焼熱 $[\text{kJ/mol}]$ を書け。
- (2) メタンハイドレートを $(\text{CH}_4)_4 \cdot (\text{H}_2\text{O})_{23}(\text{固})$ で表し、次式のようにメタンが水に取り込まれるときに発生する熱を $Q_0 \text{ kJ}$ とする。



次式のように、メタンハイドレートを完全燃焼したときに発生する熱 $Q_1 [\text{kJ}]$ を Q_0 を用いて書け。



- (3) メタンハイドレート $((\text{CH}_4)_4 \cdot (\text{H}_2\text{O})_{23}(\text{固}))$ の密度は 0.91 g/cm^3 である。 1.0 m^3 のメタンハイドレートに含まれる水の重量 $[\text{kg}]$ を有効数字 2 桁で書け。

——このページは白紙——

——このページは白紙——

——このページは白紙——

2 以下の文章を読み、問1から問9に答えよ。

日本は国土が狭く世界的にも資源に乏しい国であるが、身近にある電化製品や自動車などに含まれている資源の量は、無視できないくらい大きい。これらはリサイクル資源として最近注目されており、「都市鉱山」と名付けられている。たとえば、アルミニウム、銅、金、鉄、マグネシウム、銀、亜鉛などの元素が日本に蓄積されている量を試算した結果、世界全体の資源埋蔵量の10%を超えると推定される元素もあることが報告されている。

金属は、電化製品や自動車など我々の身のまわりの製品にも多く用いられている。金属は特有の光沢をもち、電気や熱をよく伝えるという性質を持つ。これは、金属が をもつことに由来している。 による金属元素の原子間の結合を という。金属のもつ他の特徴は、金属原子の配列がずれても、 が切断されずに保たれることに由来している。

このように金属には共通する性質がみられるが、金属は にしたがってさまざまな反応性を示すことが知られている。金属は が小さくなるにつれて酸化されにくくなる。 は希塩酸や希硫酸に可溶で高温水蒸気とも反応する。 は希塩酸や希硫酸とは反応しないが、硝酸など酸化力の強い酸と反応する。 の極めて小さい は王水(濃硝酸と濃塩酸の体積比で1:3の混合物)とは反応する。両性元素の場合、酸性、強塩基性の水溶液とも反応して水素を発生する。また、 の大小によって、酸化還元反応が進む。たとえば、硫酸銅(II)水溶液に鉄線を入れた場合、鉄は され、銅イオンは され、金属が析出する。

問1 文中の空欄 から に入る適切な語句を書け。

問2 下線部a)に関して、以下の問いに答えよ。

- (1) 典型元素をすべて選び、元素記号で書け。
- (2) 遷移元素をすべて選び、元素記号で書け。

問 3 下線部 b) に関して、以下の性質のうち、正しいものをすべて選び、解答欄の記号を○で囲め。

- (a) 潮解性 (b) 展性 (c) 延性
(d) 水溶性 (e) 昇華性

問 4 共有結合の結晶とイオン結晶の一般的な性質として最も適切な組み合わせを 1 つ選び、解答欄の記号を○で囲め。

- (a) 共有結合の結晶：硬くてもろい イオン結晶：軟らかくてもろい
(b) 共有結合の結晶：硬くてもろい イオン結晶：非常に硬い
(c) 共有結合の結晶：軟らかくてもろい イオン結晶：硬くてもろい
(d) 共有結合の結晶：軟らかくてもろい イオン結晶：非常に硬い
(e) 共有結合の結晶：非常に硬い イオン結晶：硬くてもろい
(f) 共有結合の結晶：非常に硬い イオン結晶：軟らかくてもろい

問 5 文中の空欄 A から C に入る金属として最も適切な組み合わせを 1 つ選び、解答欄の記号を○で囲め。

- (a) A = 金, 銀 B = 鉄, 銅 C = マグネシウム
(b) A = 鉄 B = マグネシウム, 銅 C = 金, 銀
(c) A = マグネシウム, 銅 B = 鉄 C = 金, 銀
(d) A = マグネシウム, 鉄 B = 銀, 銅 C = 金
(e) A = マグネシウム, 銅, 鉄 B = 銀 C = 金

問 6 下線部 c) に関して、アルミニウムと水酸化ナトリウム水溶液の反応を化学反応式で書け。

問 7 下線部 d) の反応をイオン反応式で書け。

問 8 金属の単体は空気中での燃焼により酸化されるものが多い。粉末状の金属と塊状の金属のどちらが速い酸化反応を示すか、理由を含めて 30 字以内で書け。

問 9 アルミニウム(単体 I)および亜鉛(単体 II)の微粉末を含む混合物 X がある。以下の問いに答えよ。

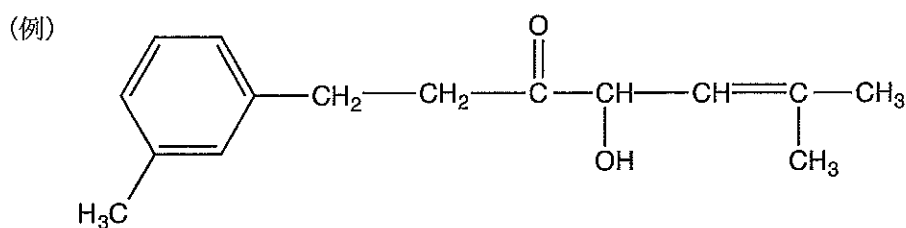
(1) 単体 I と単体 II は希塩酸と反応し、水素を発生する。これらの反応を単体 I と単体 II それぞれに関して化学反応式で書け。

(2) 混合物 X を酸素中で完全に燃焼したところ、混合物 X は単体 I の酸化物と単体 II の酸化物の混合物 Y となった。単体 I および単体 II の酸化物が生成する反応を化学反応式でそれぞれ書け。ただし、酸化物どちらかは反応しないものとする。

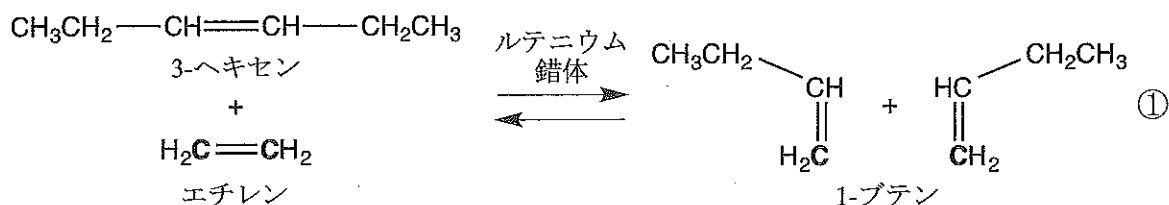
(3) 混合物 X は (2) の燃焼で総量 183 g の混合物 Y となった。また、同じ混合物 X は希塩酸と反応して、標準状態で 89.6 L の水素が発生した。混合物 X 中における、単体 I および単体 II の質量 [g] を有効数字 2 桁で書け。ただし、気体は理想気体としてふるまうものとし、標準状態にある 1 mol の気体の体積は 22.4 L とする。

——このページは白紙——

- 3 炭素、水素、酸素原子のみから構成される、分子量 400 以下の化合物 A がある。化合物 A には、シス-トランス異性体が存在する。また、化合物 A は、不斉炭素原子を 2 つもつ。以下の文章と、実験 1 から実験 8 に関する記述を読み、問 1 から問 9 に答えよ。構造式は下記の例にならって書け。ただし、置換基のシス-トランス配置および不斉炭素原子の存在により生じる立体異性体は区別しなくてよい。



炭素-炭素二重結合をもつ化合物に対して、適切なルテニウム錯体を触媒として作用させると、二重結合を形成する炭素原子が組み換わった化合物が生成する。この反応はメタセシス反応とよばれ、シス体、トランス体のいずれのアルケンでも進行するが、ベンゼン環では進行しない。①式に 3-ヘキセンとエチレンから 1-ブテンが生成するメタセシス反応の例を示す(エチレンおよび生成物中のエチレン由来の炭素原子を太字で示している)。①式の反応は、可逆反応であり、一定時間後には平衡状態に達する。この反応を、3-ヘキセンとこれに対して過剰な量のエチレンを用いて行くと、反応が右向きに進むように平衡が移動し、3-ヘキセンの大部分を 1-ブテンに変換することができる。



実験1 化合物 A 174 mg を完全に燃焼させたところ、二酸化炭素 418 mg と水 108 mg が生成した。

実験2 化合物 A を、適切なルテニウム錯体の存在下に、過剰な量のエチレンと接触させると、メタセシス反応が起こり、化合物 B, C が生成した。化合物 B は分子量 90 以下であり、問 2 に示す方法でポリビニルアルコールに導くことができた。

実験3 化合物 A に対して、適切な触媒を用いて水素を付加させたところ、分子量が 2.0 増加し、不斉炭素原子を 3 つもつ化合物 D が得られた。

実験4 0.1 mol の化合物 A に対して、十分な量の水酸化ナトリウム水溶液を加えてエステル結合を加水分解したのち、希塩酸を加えて酸性にしたところ、酢酸および化合物 E, F, G が 0.1 mol ずつ得られた。化合物 E は不斉炭素原子をもたないが、化合物 F は不斉炭素原子を 2 つもち、化合物 G は不斉炭素原子を 1 つもつことがわかった。

実験5 0.1 mol の化合物 D に対して、十分な量の水酸化ナトリウム水溶液を加えてエステル結合を加水分解したのち、希塩酸を加えて酸性にしたところ、酢酸および化合物 E, F, H が 0.1 mol ずつ得られた。化合物 H は不斉炭素原子を 1 つもつことがわかった。

実験6 化合物 E は塩化鉄(III)水溶液と反応し、紫色を示した。また、化合物 E は、問 3 に示す方法でアニリンから合成することができた。

実験7 化合物 F にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したところ、不斉炭素原子をもたない化合物 I のナトリウム塩と黄色沈殿が、1 : 1 の物質量の比で得られた。

実験 8 化合物 G をガラス製の試験管にとり、アンモニア性硝酸銀溶液を加えて穏やかに加熱したところ、試験管の内側に銀が析出した。この際、化合物 G は酸化され、化合物 I の塩を与えた。

問 1 化合物 A の分子式を書け。

問 2 ポリビニルアルコールに関する下記の文章を読み、空欄 および にあてはまる化合物の名称を書け。

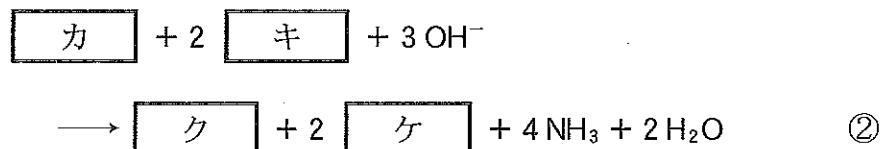
ポリビニルアルコールは、ビニルアルコールの付加重合体と考えられるが、実際には、化合物 B を付加重合させたのち、メタノール溶液中で水酸化ナトリウムなどの塩基で処理することによって合成されている。これは、ビニルアルコールそのものが不安定で、構造異性体である にすぐに変化するためである。 は、硫酸水銀(II)を触媒として に水を付加させることによって得ることができる。

問 3 化合物 E は、アニリンを原料として次の 2 段階の反応で合成できる。下記の文章の空欄 , , にあてはまる物質を、 は組成式、 は構造式、 は分子式で書け。

アニリンの希塩酸溶液を 5°C 以下に冷やしながら、 の水溶液を加えると、 が生じる。この塩を酸性水溶液中で加熱すると、気体 を発生しながら分解し、化合物 E が生じる。

問 4 実験 7 で、析出した黄色固体の化合物の名称を書け。

問 5 実験 8 の下線部は銀鏡反応とよばれており、ある官能基をもつ物質の検出に用いられる。この官能基がアルキル基 R に結合した化合物 K による銀鏡反応のイオン反応式を、②式で表したい。式中の空欄 , , , にあてはまる化学式を書け。ただし、化合物 K および化合物 K に由来する分子は、R を含む示性式で書け。



問 6 化合物 F, G の炭素原子の数を書け。

問 7 化合物 F, I の構造式を書け。

問 8 化合物 G は、不斉炭素原子をもたない構造異性体に変化して得られたものである。化合物 G の構造式を書け。

問 9 化合物 A の構造式を書け。