

平成 30 年度前期日程入学試験学力検査問題

平成 30 年 2 月 25 日

理 科

物 理…… 4 ～19ページ, 化 学……20～41ページ

生 物……42～57ページ, 地 学……58～67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, 67 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。

問題訂正 (前期)

理科【化学】28ページ

2 問3 1行目

(誤)「希ガス以外の典型元素で, . . .」

(正)「希ガス以外の第5周期までの典型元素で, . . .」

平成30年2月25日

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 Ni = 58.7

Cu = 63.5 Ba = 137

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

アボガドロ定数 $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

ファラデー定数 $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

解答に字数の指定がある場合、以下の例に示すように、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 二酸化炭素に関する以下の文章を読み、問1から問7に答えよ。ただし、気体はすべて理想気体としてふるまうものとする。

二酸化炭素は、常温常圧で無色、無臭の気体である。大気圧において、気体の二酸化炭素を -79°C 以下に冷却すると固体に変化する。固体の二酸化炭素は^{a)}
アとよばれ、二酸化炭素分子が分子間力で引き合っできた分子結晶である。

二酸化炭素は温室効果ガスとしても知られ、産業革命以降、大気中の濃度が急増している。これは化石燃料の燃焼が大きな要因といわれている。天然ガスの主成分であるメタン^{b)}の燃焼もその一つである。このため、二酸化炭素を排出しない、水素を利用したエネルギーシステムの構築が期待されている。水素は、実験室ではさまざまな反応から合成することができる。^{c)}工業的には、炭化水素と水蒸気^{d)}を反応させることで得られるが、この場合、二酸化炭素の生成を伴う。このた

め水素を、二酸化炭素が生成しない方法で製造する研究なども行われており、その水素を燃料電池の燃料として使用することが期待されている。
e)

問 1 空欄 に当てはまる適切な語句を書け。また、次の文章について空欄 に入る数値および空欄 に当てはまる適切な語句をそれぞれ書け。

二酸化炭素分子は、 組の共有電子対をもち、共有電子対は酸素原子に引きつけられている。これは炭素原子より酸素原子の が大きいからである。

問 2 下線部 a) について、下記に示す物質中から、二酸化炭素と同様に分子結晶を形成するものをすべて選び、解答欄の記号を○で囲め。

- (a) アルミニウム (b) 炭酸カルシウム (c) ヨウ素
(d) ダイヤモンド (e) 二酸化ケイ素 (f) ナフタレン
(g) 氷

問 3 固体・液体・気体の 3 つの状態が共存する特殊な平衡状態(三重点)にある二酸化炭素を考える。この状態の二酸化炭素に対して、以下の操作 A または操作 B を行った後の二酸化炭素の主な状態は固体、液体、気体のいずれか、操作 A については解答欄(A)に、操作 B については解答欄(B)にそれぞれ書け。ただし、二酸化炭素は、固体、液体、気体の 3 つの状態の中では、固体の密度が最も高い。

操作 A 容器内の温度を三重点と同じ値に保ったまま、圧力を上げる。

操作 B 容器内の圧力を三重点と同じ値に保ったまま、温度を上げる。

問 4 下線部 b) について、大気中で化石燃料を完全燃焼させて得られた気体 1.0 L に含まれる二酸化炭素の量を調べるために次の実験を行った。

実験：室温で、0.10 mol/L の水酸化バリウム水溶液 50 mL をこの気体とともに
①密閉容器中でよく振ったところ、この気体中の二酸化炭素がすべて炭酸バリウムに変化し、溶液は白濁した。この白濁した溶液を十分な時間静置し、沈殿物をろ過した後、適切な指示薬を用いて、ろ液 5.0 mL を 0.015 mol/L の塩酸で中和滴定したところ、12 mL の塩酸を必要とした。

以下の問いに答えよ。

ただし、この気体中の二酸化炭素以外の成分は反応せず、炭酸バリウムの溶解および大気中の二酸化炭素の影響は無視できるものとする。

- (1) 下線部①で示される反応を化学反応式で書け。
- (2) この中和滴定において、使った塩酸に含まれる H^+ の物質量 [mol] の数値を有効数字 2 桁で書け。
- (3) この気体に含まれていた二酸化炭素の物質量 [mol] の数値を有効数字 2 桁で書け。

問 5 下線部 c) について、25 °C のメタン 0.200 mol を完全燃焼させ、25 °C に戻した際に発生した熱量 [kJ] の数値を有効数字 3 桁で書け。

なお、25 °C における H₂O (気体)、CO (気体)、CO₂ (気体)、CH₄ (気体) の生成熱および H₂O (液体) の蒸発熱は表 1 に示した値を使用せよ。

表 1

	生成熱 [kJ/mol]
H ₂ O (気体)	242
CO (気体)	111
CO ₂ (気体)	394
CH ₄ (気体)	74.8
蒸発熱 [kJ/mol]	
H ₂ O (液体)	44.0

問 6 下線部 d) について、次の反応のうち、水素が生成する反応として正しい記述を以下の (a) から (f) よりすべて選び、解答欄の記号を○で囲め。

- (a) 赤熱したコークスと高温の水蒸気の反応
- (b) アルミニウムと水酸化ナトリウム水溶液の反応
- (c) 硫化鉄(II)と希塩酸の反応
- (d) ホタル石の粉末に濃硫酸を加え加熱したときの反応
- (e) ナトリウムと水の反応
- (f) 石灰石と希塩酸の反応

問 7 下線部 e) について、図 1 のような摩擦がなくなめらかに動くピストン A, B を介して大気と隔てられているリン酸型燃料電池がある。

容器 A には窒素 60.0 % と酸素 40.0 % の混合気体が、容器 B には水素がそれぞれ満たされている。ピストン A, B が自由に動ける状態でスイッチを入れると、抵抗に電流が流れた。その後、容器 A 内に 3.60 g の水が生成したところでスイッチを切った。容器 A の容積が 10.0 L となるようにピストン A を固定し、十分な時間静置したところ容器 A の温度は 27 °C になった。このとき容器 A 内の圧力は、 7.00×10^4 Pa であった。また、容器 B の内部には水素が残っていた。

以下の問いに答えよ。

ただし、生成した水の体積は無視できるものとする。なお、27 °C での水の飽和蒸気圧は 3.60×10^3 Pa である。また、燃料電池の電極および電解液の体積は変化しないものとする。

- (1) 電極 A で起こる反応を電子 e^- を含むイオン反応式で書け。
- (2) 抵抗を流れた電気量 [C] の数値を有効数字 3 桁で書け。
- (3) 最初に容器 A に満たした混合気体中の酸素の物質量 [mol] の数値を有効数字 3 桁で書け。また、導出過程も書け。

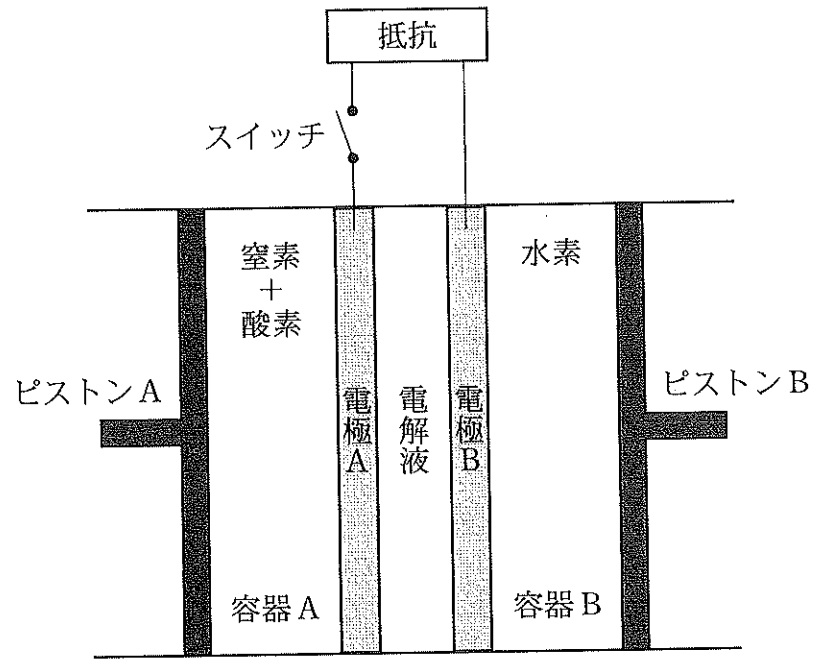


図 1

——このページは白紙——

——このページは白紙——

2 次の文章〔I〕と〔II〕を読み、問1から問11に答えよ。

〔I〕 元素の単体のおおよその性質は周期表から推定することができる。周期表の両側に位置する典型元素において、同族元素は原子の 数が等しく、^{a)} 化学的性質が似ている。たとえば、 数が0とみなされる18族のHe, Ne, Arは、他の原子と反応しにくい単原子分子である。また、水素以外の1族の元素であるアルカリ金属の原子は、1個の ^{b)} をもち、電子1個を放出して1価の陽イオンになりやすい。このため、アルカリ金属の単体は 剤として作用し、この 力は原子番号が ものほど強い。17族のハロゲンの原子は 個の ^{c)} をもち、電子1個を受け入れて1価の陰イオンになりやすい。この傾向は原子番号が ものほど強い。

問1 空欄 から に入る適切な語句や数値を書け。

問2 下線部a)について、原子番号20までの元素を考える。原子番号の増加とともに周期的に変化する性質を下記よりすべて選び、解答欄の記号を○で囲め。

- (a) 陽子の数 (b) 電子の数 (c) 原子量
(d) 単体の融点 (e) イオン化エネルギー

問3 希ガス以外の典型元素で、単体が常温常圧で気体である元素すべてを、原子番号の小さい順に解答欄の左から右に向かって元素記号で書け。

問 4 下線部 b) の元素である Li, Na, K のいずれかを含む水溶液 A と水溶液 B がある。これらについて炎色反応を調べたところ、水溶液 A は黄色を、水溶液 B は赤色を示した。水溶液 A に含まれるアルカリ金属を解答欄 (A) に、水溶液 B に含まれるアルカリ金属を解答欄 (B) に元素記号で書け。

問 5 下線部 c) について、第 2 周期から第 5 周期までの単体を、融点の高い順に解答欄の左から右に向かって分子式で書け。

問 6 塩素の単体は、酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱することによって比較的簡単に発生させることができる。実験室での塩素の製法を図 1 に示す。洗気びん 1 には が、洗気びん 2 には が入っており、それぞれ、発生したガスに含まれる と を除く役割を果たす。これらの洗気びんを通過した塩素ガスは で捕集される。

以下の問いに答えよ。

(1) 下線部 d) の反応を化学反応式で書け。

(2) 空欄 から に当てはまる最も適切な語句を下記の選択肢よりそれぞれ 1 つ選び、解答欄の記号を○で囲め。

空欄 と の選択肢

(a) 水 (b) 希塩酸 (c) 濃塩酸 (d) 希硫酸 (e) 濃硫酸

空欄 と の選択肢

(a) 水 (b) 塩化水素 (c) 硫化水素
(d) マンガン (e) 酸化マンガン(IV)

空欄 の選択肢

(a) 水上置換 (b) 水中置換 (c) 上方置換 (d) 下方置換

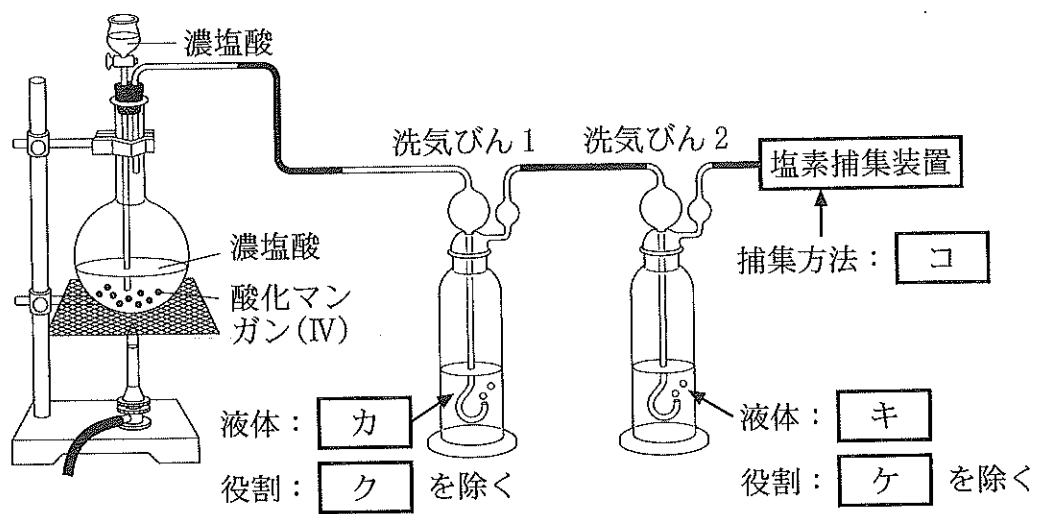


図1

〔Ⅱ〕 純金属やそれらを溶かし合わせた合金の中で、化学的安定性や加工性に富むものは、硬貨などの材料として古くから使用されている。表1は、現在、日本で流通している1円、10円および100円硬貨の成分と質量の比率の典型値を示したものである。

表1 硬貨の成分と質量の比率

硬貨	1円	10円	100円
成分：比率[%]	Al：100	Cu：95 Zn：3 Sn：2	Cu：75 Ni：25

問7 通常の使用において、1円硬貨は内部まで腐食する(さびる)ことはない。その理由を、硬貨内部への腐食を防ぐ要因となる化合物の名称を含めて、解答欄に40字以内で書け。

問8 Cuを主な成分とする10円硬貨は、空気中に長時間さらされると、表面に緑青ろくしょうという緑色の化合物 $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ が生成することがある。空気に含まれる物質のうち、この緑青の生成に必要なもの3つすべてを分子式で書け。

問9 表面が清浄なAl板とCu板を用いて、食塩水を染み込ませたる紙を挟み、両金属板間を導線をつないだときに、負極として作用する金属板の表面で起こる反応を電子 e^- を含むイオン反応式で書け。

問10 合金についての記述として、誤っているものを下記より1つ選び、解答欄の記号を○で囲め。

- (a) ステンレス鋼は、鋼にCrやNiを加えてつくられた合金であり、きわめてさびにくい。
- (b) はんだには、Snを主な成分とする低融点の合金が多く用いられる。
- (c) NiとTiの合金には、変形させても熱を加えると元の形に戻る形状記憶合金として応用されるものがある。
- (d) 軽量で丈夫なために航空機の機体などに用いられるジュラルミンはFeを主成分とした合金である。

問11 CuやNi, Auの単体の結晶格子は面心立方格子である。白銅とよばれる100円硬貨に用いられているCuとNiの合金の結晶格子も面心立方格子であるが、格子内におけるCu原子やNi原子の原子位置は定まっていない。一方、CuとAuで構成される Cu_3Au は、一般的な合金とは異なり、その組成を反映させてCu原子とAu原子が格子内に規則的に配列した面心立方格子型の結晶構造をとっている。

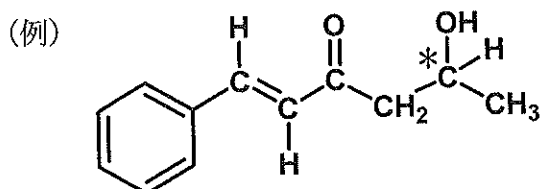
以下の問いに答えよ。

- (1) 100円硬貨1枚に含まれるNi原子の数は何個か、有効数字2桁で求め、その数値を書け。100円硬貨の質量は4.80gとする。
- (2) Cu_3Au の結晶格子におけるAu原子の配置を、解答欄にある単格格子の○印を黒く塗りつぶして示せ。

——このページは白紙——

——このページは白紙——

- 3 炭素，水素，酸素原子のみからなる分子量 500 以下の芳香族化合物 A がある。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。なお，これらの実験ではシス-トランス異性体を区別するが，光学異性体は区別しない。構造式や不斉炭素原子の表示(*)を求められた場合は，次の例にならって書け。



実験 1 化合物 A 213 mg を完全に燃焼させたところ，二酸化炭素 550 mg と水 135 mg のみが生成した。

実験 2 化合物 A を水酸化ナトリウム水溶液で完全に加水分解した後，酸性になるまで希塩酸を加えた。この反応液にジエチルエーテルを加えてよくふりまぜたところ，このジエチルエーテル溶液には，化合物 B, C, D, E が含まれていた。化合物 B, 化合物 C および化合物 D と E の混合物を図 1 の操作で分離した。

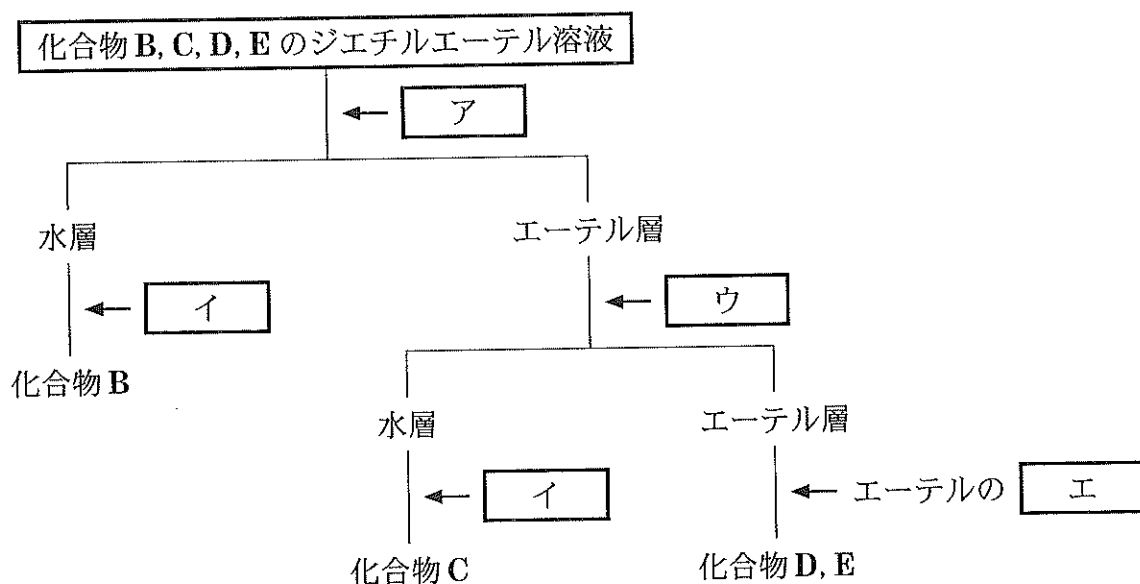


図 1

実験3 化合物 **B** は、化合物 **F** を過マンガン酸カリウム水溶液と共に長時間加熱することで得られた。化合物 **F** は、プロピン(C₃H₄)を鉄触媒存在下、^{a)}高温で反応させると得られる芳香族化合物の一つである。

実験4 化合物 **B** を加熱したところ、分子量が 18.0 減少した酸性化合物 **G** が得られた。

実験5 空气中で加熱した銅線にメタノール蒸気を接触させることにより、刺激臭のある気体として化合物 **H** を得た。酸を触媒として化合物 **C** と化合物 **H** を反応させるとノボラックとよばれる物質が得られた。

実験6 化合物 **D**, **E** をクロマトグラフィーにより分離した。化合物 **D**, **E** は、同じ分子式をもっていたが、それぞれの沸点は異なった。

実験7 化合物 **D** を酸性条件で加熱したところ、いずれも分子量が化合物 **D** のものより 18.0 減少した3種類の化合物が得られた。そのうち2つはシス-トランス異性体の関係にあった。

実験8 化合物 **E** 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、黄色沈殿が生じた。

問 1 化合物 A の分子式を書け。

問 2 分離操作を示した図 1 中の空欄 から に入る最も適切な試薬を以下の (a) から (i) よりそれぞれ 1 つ選び、解答欄の記号を○で囲め。

- | | |
|------------------|----------------|
| (a) 熱 水 | (b) 塩化ナトリウム水溶液 |
| (c) 希塩酸 | (d) 過酸化水素水 |
| (e) 炭酸水素ナトリウム水溶液 | (f) 硫酸ナトリウム水溶液 |
| (g) トルエン | (h) 水酸化カリウム水溶液 |
| (i) エタノール | |

問 3 分離操作を示した図 1 中の空欄 に入る最も適切な語句を以下の (a) から (e) より 1 つ選び、解答欄の記号を○で囲め。

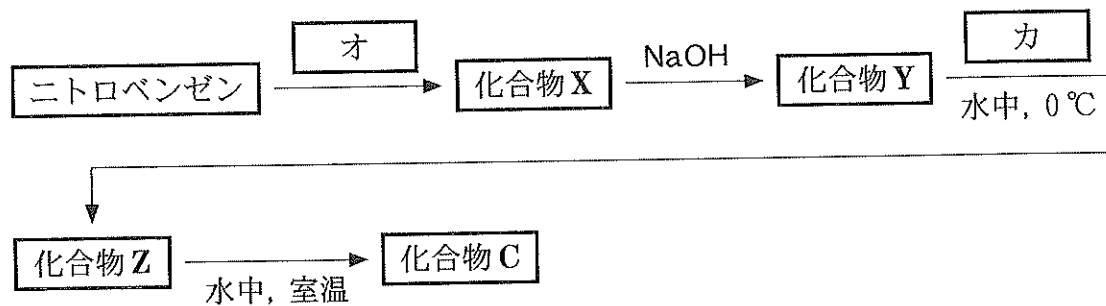
- (a) 昇 華 (b) 蒸 発 (c) 熱分解 (d) 凝 固 (e) 燃 焼

問 4 下線部 a) で示した反応で得られると考えられる芳香族化合物をすべて構造式を書け。

問 5 化合物 B の構造式を書け。

問 6 化合物 C の構造式を書け。

問 7 化合物 C は、ニトロベンゼンからも合成できた。次の反応式の空欄
 および に入る適切な試薬(1つとは限らない)の名称を
 書け。また、化合物 X、化合物 Y および化合物 Z の構造式を書け。



問 8 化合物 D の分子式を書け。

問 9 化合物 D と E の構造式を書け。不斉炭素原子があれば、不斉炭素原子に
 *印をつけよ。