

平成 29 年度前期日程入学試験学力検査問題

平成 29 年 2 月 25 日

理 科

物 理…… 4 ～19ページ, 化 学……20～39ページ

生 物……40～53ページ, 地 学……54～62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。

解答上の注意（前期）

理科【化学】21 ページ

以下の問題を採点から除外しますので、  
解答しないでください。

1 問4

問題訂正（前期）

理科【生物】43 ページ

1 問(8) 本文の上から2行目

(誤) 「しかしインスリン投与を連日続けたところ、  
インスリン投与後の血糖値変化が認め  
られなくなった。」

(正) 「しかし、インスリンを連日投与しながら、  
脂肪を豊富に含む餌<sup>えさ</sup>で長期間飼育した  
ところ、インスリン投与後の血糖値の低下  
が次第に少なくなった。」

# 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 O = 16.0 Fe = 55.8

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

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

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

$\sqrt{2} = 1.41, \sqrt{3} = 1.73, \sqrt{5} = 2.24$

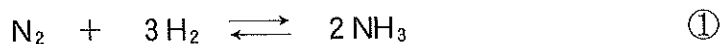
解答に字数の指定がある場合、以下の例に示すように、句読点、数字、アルファベット、および記号も1字として数えよ。なお、問題中の体積記号Lは、リットルを表す。

(例)

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

**1** アンモニアに関する文章〔I〕から〔III〕を読み、問1から問8に答えよ。特に指定がない場合は、解答欄に単位を書かなくてよい。

〔I〕 アンモニアは窒素肥料などの原料として多方面に利用されている。窒素と水素から直接アンモニアを合成する反応は可逆反応であり、①式で表される。



アンモニアを工業的に合成するためには、化学平衡の条件だけではなく、反応速度なども考慮する必要がある。そのため、四酸化三鉄を主成分とする触媒<sup>a)</sup>を用いるとともに、大量生産に適した反応の条件が選ばれる。

問 1 窒素分子の電子式を解答欄(1)に、アンモニアの電子式を解答欄(2)に書け。

問 2 ①式の反応において、平衡に達した後、温度一定の条件下でヘリウムを加えたとする。化学平衡の移動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) 全圧一定でヘリウムを加えた場合、平衡は移動しない。
- (b) 全圧一定でヘリウムを加えた場合、平衡は右に移動する。
- (c) 全圧一定でヘリウムを加えた場合、平衡は左に移動する。
- (d) 体積一定でヘリウムを加えた場合、平衡は移動しない。
- (e) 体積一定でヘリウムを加えた場合、平衡は右に移動する。
- (f) 体積一定でヘリウムを加えた場合、平衡は左に移動する。

問 3 下線部 a) に関して、この触媒の働きとして正しい記述を以下の(a)から(e)よりすべて選び、解答欄の記号を○で囲め。

- (a) 活性化エネルギーおよび平衡定数の値を大きくする。
- (b) ①式の正反応の反応速度を増加させる。
- (c) ①式の逆反応の反応速度を減少させる。
- (d) 触媒を加えても反応熱は変化しない。
- (e) 固体触媒であるので均一触媒として働く。

問 4 アンモニア  $\text{NH}_3$ (気)の生成熱は  $46.0 \text{ kJ/mol}$  である。一方、水素分子、窒素分子の結合エネルギーはそれぞれ  $432 \text{ kJ/mol}$ ,  $946 \text{ kJ/mol}$  である。アンモニアの  $\text{N-H}$  の結合エネルギー [ $\text{kJ/mol}$ ] の数値を有効数字 3 桁で書け。

問 5 ① 式の反応において、アンモニアを完全に取り除き、未反応の水素  $a$  [mol] と窒素  $b$  [mol] を体積  $V$  [L]、温度  $T$  [K] の容器に回収した。これを混合気体 A とよぶ。ここで、容器の温度  $T$  [K] は十分低く、アンモニアの新たな生成は無視できるとする。次に、混合気体 A に酸素を加え燃焼させたところ、水素だけが反応し水になった。生成する水の体積や気体の水への溶解、および水蒸気圧は無視できるとし、気体はすべて理想気体としてふるまうものとする。以下の問いに答えよ。

- (1) 混合気体 A に酸素  $x$  [mol] を加えて燃焼したところ、未反応の水素が残った。この操作後、温度  $T$  [K] で気体の圧力は  $P_1$  [Pa] となった。気体の状態方程式は

$$P_1 V = ( \boxed{\text{ア}} ) RT$$

と表せる。ただし、 $R$  は気体定数である。

空欄  $\boxed{\text{ア}}$  にあてはまる物質質量 [mol] を  $a$  [mol]、 $b$  [mol]、 $x$  [mol] を使って書け。

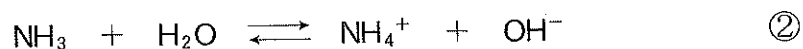
- (2) (1) の操作後に、酸素  $y$  [mol] を追加し燃焼した。その結果、温度  $T$  [K] で気体の圧力は  $P_2$  [Pa] となった。 $P_2 > P_1$  のとき、物質質量の間には

$$y > \boxed{\text{イ}} a - \boxed{\text{ウ}} x$$

の関係が成り立つ。

空欄  $\boxed{\text{イ}}$ 、 $\boxed{\text{ウ}}$  にあてはまる数字を整数または分数で書け。

〔Ⅱ〕 アンモニアを水に溶かすと、②式で表される電離平衡が成り立つ。



希薄な水溶液では水の濃度[mol/L]は一定とみなせるので、電離定数  $K_b$ [mol/L]は③式で与えられる。

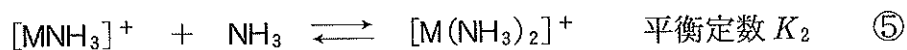
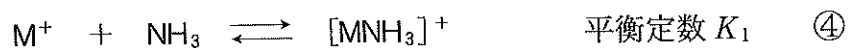
$$K_b = \frac{\boxed{\text{エ}} \quad \boxed{\text{オ}}}{\boxed{\text{カ}}} = 1.7 \times 10^{-5} \text{ mol/L} \quad \text{③}$$

問 6 ③式の空欄  $\boxed{\text{エ}}$  から  $\boxed{\text{カ}}$  にあてはまる物質のモル濃度 [mol/L]を表す式を以下の(a)から(e)より選び、記号で書け。

- (a)  $[\text{NH}_3]$                       (b)  $[\text{NH}_4^+]$                       (c)  $[\text{H}_2\text{O}]$   
(d)  $[\text{H}^+]$                         (e)  $[\text{OH}^-]$

問 7 0.20 mol/Lのアンモニア水 50 mLと 0.10 mol/Lの塩酸  $x$  [mL]を混合し、水酸化物イオン濃度が  $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$  になるように溶液を調整した。加えた塩酸の体積  $x$  [mL]の数値を有効数字 2 桁で書け。また、導出過程も書け。

[Ⅲ] アンモニアは種々の金属イオンと錯イオンをつくる。ある金属イオン  $M^+$  の場合、錯イオンの生成は次の平衡反応で表されるとする。



問 8 金属イオンおよび各錯イオンのモル濃度 [mol/L] の比を次式で表す。

$$(M^+ \text{ の濃度}) : ([MNH_3]^+ \text{ の濃度}) : ([M(NH_3)_2]^+ \text{ の濃度})$$

$$= 1 : \boxed{\text{キ}} : \boxed{\text{ク}}$$

空欄  $\boxed{\text{キ}}$  ,  $\boxed{\text{ク}}$  にあてはまる式を、④および⑤式の平衡定数  $K_1$  および  $K_2$  と  $[NH_3]$  を使って書け。ただし、金属イオンは  $M^+$  ,  $[MNH_3]^+$  ,  $[M(NH_3)_2]^+$  いずれかの形で存在するものとする。

——このページは白紙——



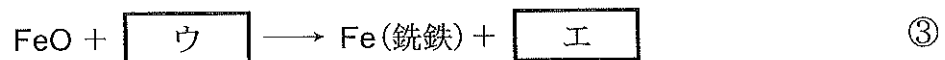
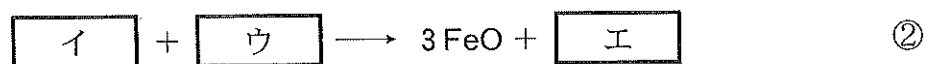
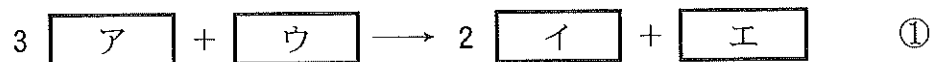
——このページは白紙——

——このページは白紙——

2 次の文章〔I〕と〔II〕を読み、問1から問10に答えよ。特に指定がない場合は解答欄に単位を書かなくてよい。

〔I〕 鉄は最も身近に使われる金属元素であり、現在最も生産量の多い金属である。鉄は酸化物や硫化物として岩石中に含まれている。

単体の鉄は、を主成分とする赤鉄鉱やを主成分とする磁鉄鉱を、溶鉱炉中でコークスや（一酸化炭素）で還元して得る。この過程での気体が排出される。溶鉱炉中での一酸化炭素による赤鉄鉱や磁鉄鉱の還元反応は以下の化学反応式で示される。



得られた銑鉄はを重量で約4%含み硬くてもろいが、融点が低いので鋳物に用いられる。高温にした銑鉄を転炉に入れて酸素を吹きこみ含有量を重量で2~0.02%にしたものを鋼という。鋼は建築材料や自動車、その他多くの材料として用いられている。

通常、鉄は、体心立方格子の構造をもつが、合金化や熱処理などによりその他の構造も示す。体心立方格子の構造をもつ純鉄の単位格子の1辺は  
a)  $2.86 \times 10^{-8} \text{ cm}$ で、体積は $2.34 \times 10^{-23} \text{ cm}^3$ である。

鉄はイオン化傾向が比較的大きく、希酸中で溶解する。また、鉄は湿った  
b) 大気中でも酸化されて赤さびが生じる。鉄をさびにくくするために、キッチンシンク、食器、浴槽やプラントでは、鉄とやニッケルを合金化したステンレス鋼が用いられている。ステンレス鋼の食器などで見かける「18-8」のような表示はそれぞれの成分の質量パーセント濃度を示したものである。

鉄は種々の構造用の材料として用いられるだけでなく、たとえば工業的な水酸化ナトリウム製造の電極としても用いられている。水酸化ナトリウム<sup>c)</sup>の製造では鉄を陰極に、炭素(黒鉛)を陽極として電気分解を行っている。陽極側に塩化ナトリウム飽和水溶液を、陰極側には水を用い、その間を陽イオンのみ通す陽イオン交換膜で仕切ることにより、高純度の水酸化ナトリウムを得ている。

問 1 文中の空欄  から  に入る化学式を書け。

問 2 下線部 a) に関して、以下の問いに答えよ。

- (1) 鉄の密度 [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ] を求めて数値を有効数字 2 桁で書け。
- (2) 最も隣接する原子の原子核間の距離 [ $\text{cm}$ ] を求めて数値を有効数字 2 桁で書け。

問 3 下線部 b) に関して、鉄が溶けにくい溶液を以下の中からすべて選び、解答欄の記号を○で囲め。

- (a) 希塩酸            (b) 濃塩酸            (c) 希硫酸            (d) 濃硝酸

問 4  の気体を水酸化カルシウム水溶液(石灰水)に吸収させると白濁する。このときに起こる反応を化学反応式で書け。

問 5 下線部 c) のイオン交換膜法による電気分解に関して、以下の問いに答えよ。

- (1) 陽極側から陰極側に移動するイオンをイオン式で書け。ただし  $H^+$  は除く。
- (2) 10.0 A の電流で 1.00 時間電気分解を行った時に生成する水酸化ナトリウムの物質量 [mol] の数値を有効数字 2 桁で書け。
- (3) 電気分解を (2) の条件で行ったときに、陰極で発生する水素の標準状態での体積 [L] の数値を有効数字 2 桁で書け。ただし、発生した水素は水に溶解しないものと仮定する。標準状態にある 1.00 mol の気体の体積は 22.4 L とする。

〔Ⅱ〕 10 cm × 10 cm の鉄板に、質量パーセント濃度が 3 % の食塩水にヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム試薬  $K_3[Fe(CN)_6]$  とフェノールフタレイン試薬  $C_{20}H_{14}O_4$  を少量混ぜた淡黄色の水溶液を染み込ませたろ紙をのせた。大気中、室温でしばらく放置すると、図 1 に示すような斑点状の模様が観察された。

ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム試薬あるいはフェノールフタレイン試薬によって、A の領域は キ に呈色し、B の斑点状の領域は青色に呈色した。

A あるいは B の一方の領域では主に鉄の酸化反応が起きて鉄がイオンとして溶け出し、またもう一方の領域では主に大気中の ク の還元反応が起きている。<sup>d)</sup> 領域ごとの主な反応に差が生じる原因としては、鉄板の表面状態の不均一性が考えられる。

一方の酸化反応が起きている領域と、もう一方の還元反応が起きている領域の間では、一種の電池が形成されて腐食が進行している。<sup>e)</sup>

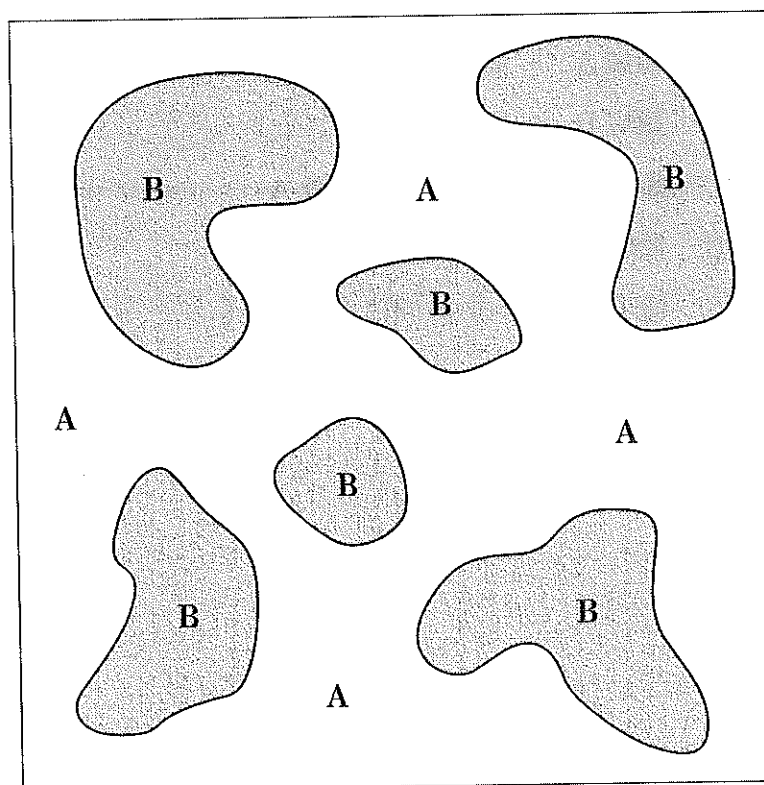


図 1

問 6 文中の空欄  に入る色を次の中から一つ選び、解答欄の記号を○で囲め。

- (a) オレンジ色                      (b) 赤紫色                      (c) 緑 色  
(d) 茶 色                              (e) 黒 色

問 7 文中の空欄  に入る化学式を書け。

問 8 下線部 d) で起きている主な反応を化学反応式で書け。

問 9 領域 A と B で試薬の呈色が見られる原因となるイオンを、それぞれ以下のイオンの中から一つずつ選択し、解答欄に書け。

$H^+$        $Na^+$        $K^+$        $Fe^{2+}$        $OH^-$        $Cl^-$        $ClO_4^-$

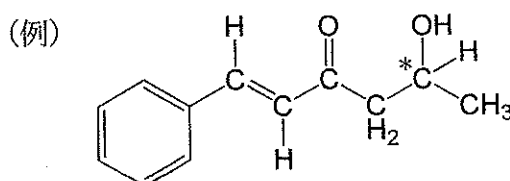
問10 下線部 e) に関して、鉄の板を通した電子の流れとして正しいものを次の中から選択し解答欄の記号を○で囲め。

- (a) 領域 A → 領域 B  
(b) 領域 B → 領域 A  
(c) 領域 A → 領域 B → 領域 A  
(d) 領域 B → 領域 A → 領域 B  
(e) 電子はいずれの方向にも流れない

——このページは白紙——



- 3 化合物 A, B, C, D, E はすべて炭素原子, 水素原子, 酸素原子のみからなり, 互いに異性体の関係にある。これらの化合物に関する実験 1 から実験 9 を読み, 問 1 から問 10 に答えよ。なお, これらの実験では幾何異性体および鏡像異性体を区別しない。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, B, C, D, E それぞれ 2.70 g に対して, 十分な量のナトリウム  
<sup>a)</sup>を加えたところ, いずれも気体が発生した。発生した気体の質量は  
 A, C, D, E の場合は 60.0 mg, B の場合は 30.0 mg であった。

実験 2 化合物 A 180 mg を完全燃焼させると, 二酸化炭素 352 mg と水 180 mg が生じた。

実験 3 化合物 A を適切な酸化剤を用いて十分に酸化すると, 化合物 A より分子量が 14.0 増加した化合物 F が得られた。化合物 B を同様に十分に酸化すると, 化合物 B より分子量が 14.0 増加した化合物 G が得られた。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 4 化合物 C を適切な酸化剤を用いて十分に酸化すると, 化合物 C より分子量が 12.0 増加した化合物 H が得られた。化合物 C はヨードホルム反  
<sup>b)</sup>応を示さなかった。

実験 5 化合物 **D** を適切な酸化剤を用いて穏やかに酸化すると、化合物 **D** より分子量が 2.0 減少した化合物 **I** が得られた。化合物 **I** をさらに十分に酸化すると、化合物 **D** より分子量が 28.0 増加した化合物 **J** が得られた。同様に、化合物 **E** を適切な酸化剤を用いて穏やかに酸化すると、化合物 **E** より分子量が 2.0 減少した化合物 **K** が得られた。化合物 **K** をさらに十分に酸化すると、化合物 **E** より分子量が 28.0 増加した化合物 **L** が得られた。また、化合物 **I** には鏡像異性体が存在するが、化合物 **K** には鏡像異性体は存在しないことがわかった。

実験 6 化合物 **I** と **K** はいずれも銀鏡反応を示し、フェーリング液と反応して  
c)  
赤色沈殿を与えた。

実験 7 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 **M** を得た。化合物 **M** の酸性水溶液を化合物 **D** と反応させると、化合物 **D** より分子量が 12.0 増加した化合物 **N** が得られた。化合物 **N** は 6 個以下の原子からなる環を 1 つだけ含んでいた。また、化合物 **N** に対して十分な量のナトリウムを加えたが、気体は発生しなかった。

実験 8 化合物 **O** は分子式  $C_9H_{12}$  の芳香族炭化水素である。化合物 **O** のベンゼン環上の 1 つの水素を臭素に置き換えた化合物には 2 種類の異性体が存在する。化合物 **O** を過マンガン酸カリウム水溶液と反応させると、芳香族ジカルボン酸 **P** が得られた。

実験 9 化合物 **E** と **P** を混ぜ適切な触媒を加え加熱すると、これらの化合物間  
d)  
でエステル結合を形成しながら縮合重合反応が進行し、平均分子量  
 $4.95 \times 10^4$  の重合体が得られた。また、得られた重合体に酸無水物の結合は存在しないことがわかった。

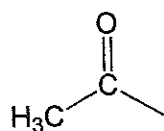
問 1 実験 1 の下線部 a) の反応で発生した気体の分子式を書け。

問 2 化合物 A の分子式を書け。

問 3 化合物 A, B の構造式を書け。不斉炭素原子が存在する場合には\*印をつけよ。

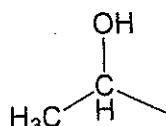
問 4 実験 4 の下線部 b) のヨードホルム反応に関する下記の説明を読み、空欄  に適切な語句を、空欄  および  にあてはまる化合物の分子式を書け。

図 1 および図 2 に示すように、アセチル基や 1-ヒドロキシエチル基が存在する化合物の  性水溶液に  を作用させると、 の黄色沈殿が生じる。この反応によって化合物の構造を推定できる。



アセチル基

図 1



1-ヒドロキシエチル基

図 2

問 5 化合物 C の構造式を書け。不斉炭素原子が存在する場合には\*印をつけよ。

問 6 実験 6 の下線部 c) の反応は、化合物 I および K のもつ官能基のどのような性質によるものか。漢字 3 文字で書け。

問 7 化合物 D, E の構造式を書け。不斉炭素原子が存在する場合には\*印をつけよ。

問 8 化合物 N の構造式を書け。不斉炭素原子が存在する場合には\*印をつけよ。

問 9 化合物 O の構造式を書け。不斉炭素原子が存在する場合には\*印をつけよ。

問10 ナイロン6の構造式は重合度を  $n$  として図3のように書くことができる。実験9の下線部d)の反応により生じた重合体の構造式を図3にならって(1)欄に書け。この重合体1分子にエステル結合は何個存在するか。数字を(2)欄に書け。

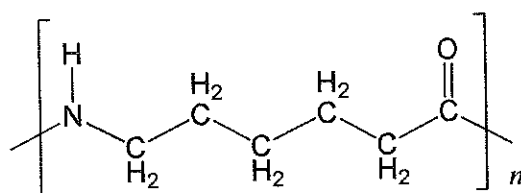


図3 ナイロン6の構造式

——このページは白紙——

——このページは白紙——