

# 平成 29 年度入学者選抜学力検査問題

(前期日程)

## 化 学

学類によって解答する問題が異なります。

指定された問題だけに解答しなさい。

学 域	学 類	解 答 す る 問 題
人間社会学域	学校教育学類	I, II, III, IV (4問)
理工学域	数物科学類 物質化学類 環境デザイン学類 自然システム学類	I, II, III, IV, V, VI (6問)
医薬保健学域	医学類 薬学類・創薬科学類 保健学類	I, II, III, IV (4問)

(注 意)

- 1 問題紙は指示のあるまで開かないこと。
- 2 問題紙は本文 13 ページであり、答案用紙は、学校教育学類、医学類、薬学類・創薬科学類、保健学類は 4 枚、数物科学類、物質化学類、環境デザイン学類、自然システム学類は 6 枚である。
- 3 答えはすべて答案用紙の指定のところに記入すること。
- 4 問題紙と下書き用紙は持ち帰ること。

- ・解答にあたり、必要であれば以下の数値を用いなさい。

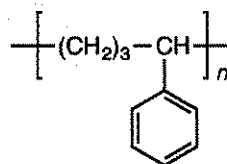
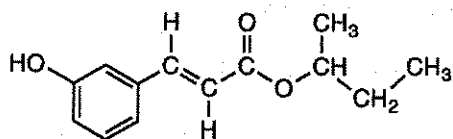
原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Al = 27, S = 32, Mn = 55,

Fe = 56, Cu = 64, Br = 80

アボガドロ数： $6.0 \times 10^{23}$ , 気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ (Pa} \cdot \text{L / (mol} \cdot \text{K))}$

標準状態は、 $1.01 \times 10^5 \text{ (Pa)}$ ,  $273 \text{ (K)}$ である。

- ・字数制限のある解答で、化学式を用いる場合は、例えば Ca は 2 文字、 $\text{Ca}^{2+}$  は 4 文字とする。
- ・構造式は、下図の例にならって記入しなさい。



**I** [学校教育学類, 数物科学類, 物質化学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類, 医学類, 薬学類・創薬科学類, 保健学類]

次の文章を読み、問 1～問 6 に答えなさい。

ある直鎖状の炭化水素 A 216 mg をすべて気化させたところ、標準状態に換算して 67.2 mL の体積を占めた。一方、同量の A を完全に燃焼させたところ、660 mg の二酸化炭素と 324 mg の水が得られた。

化合物 A を臭素と混合して光を照射すると、A の分子中の 1 つの水素原子が臭素原子に置き換わった化合物 B とその構造異性体 C, D が生成した。化合物 B, C, D を水酸化ナトリウム水溶液と反応させると、それぞれ臭素原子がヒドロキシ基に置換されたアルコール E, F, G が得られた。

アルコール E, F, G を適当な酸化剤を用いて酸化すると、それぞれからカルボニル化合物 H, I, J が得られた。化合物 H をフェーリング液とともに加熱すると酸化銅 (I) が沈殿した。化合物 I にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて反応させると特有の臭気をもつ黄色沈殿が生じた。

- 問 1 化合物 A~J の構造式を示しなさい。
- 問 2 化合物 A~J のうち、不斉炭素原子をもつものはどれか、すべて選び記号で答えなさい。
- 問 3 アルコール E と酢酸の混合物に濃硫酸を少量加えて加熱すると、バナナのような香りをもつ化合物が生じた。この反応を化学反応式で示しなさい。
- 問 4 アルコール F を濃硫酸と加熱すると脱水反応が起こりアルケンが生じた。次の(1)および(2)に答えなさい。
- (1) 得られたアルケンの構造式をすべて示しなさい。
  - (2) 得られたアルケンと同じ分子式をもつ化合物で、環状構造をもつ炭化水素の構造式をすべて示しなさい。ただし、立体異性体は考慮しなくてよい。
- 問 5 下線部(a)について、次の(1)および(2)に答えなさい。
- (1) 生じた沈殿は何色か答えなさい。
  - (2) 化合物 H は、この反応後さらに希硫酸を加えることにより化合物 K へと変化した。化合物 K の構造式を示しなさい。
- 問 6 下線部(b)について、次の(1)および(2)に答えなさい。
- (1) この反応の名称を答えなさい。
  - (2) 化合物 A~H および J のうち、同じ反応を行うことにより黄色沈殿を生じる化合物はどれか、記号で答えなさい。

II [学校教育学類, 数物科学類, 物質化学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類, 医学類, 薬学類・創薬科学類, 保健学類]

次の文章を読み, 問1～問4に答えなさい。

マンガンは多様な酸化数をとることができる。マンガンは鉄よりもイオン化傾向が大きく, その単体は酸の水溶液に溶けてマンガン(II)イオンとなる。マンガンの代表的な酸化物として, <sup>(a)</sup>酸化マンガン(IV)が知られている。酸化マンガン(IV)は, <sup>(b)</sup>マンガン乾電池や<sup>(c)</sup>リチウム電池などの実用電池の電極の活物質として用いられる(表)。過マンガン酸カリウムは黒紫色の結晶であり, 水に溶けて過マンガン酸イオンを生じる。このイオンは, 酸性水溶液中で強い酸化剤として働く。この性質を利用し, 濃度未知の物質の濃度を決定することができる。例えば, 硫酸鉄(II)の水溶液は, 空气中で徐々に鉄(II)が酸化されて鉄(III)を生じ, 黄色に着色するが, この溶液を濃度既知の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定することにより, 残存する鉄(II)イオンの濃度を知らることができる。

表 酸化マンガン(IV)を電極活物質として用いる実用電池の例

名 称	X 極活物質	電解質	Y 極活物質	起電力
マンガン乾電池	酸化マンガン (IV)	塩化亜鉛(II)	亜鉛	1.5 V
アルカリ マンガン乾電池	酸化マンガン (IV)	水酸化 カリウム	亜鉛	1.5 V
リチウム電池	酸化マンガン (IV)	過塩素酸 リチウム	リチウム	3.0 V

問 1 下線部(a)に関して、次の(1)および(2)に答えなさい。

- (1) この反応をイオン反応式で表しなさい。
- (2) マンガン(II)イオンに硫化水素を通じたところ、淡桃色の沈殿が生じた。  
この沈殿の化学式を記しなさい。

問 2 下線部(b)の物質について、次の(1)および(2)の操作を行ったときに起こる反応を化学反応式で表しなさい。

- (1) 濃塩酸に加えて加熱する。
- (2) 過酸化水素水と混合する。

問 3 下線部(c)に関して、次の(1)~(3)に答えなさい。

- (1) 表中の X および Y に当てはまる語句を答えなさい。
- (2) マンガン乾電池やアルカリマンガン乾電池に比べて、リチウム電池が高い起電力を示す理由を 25 字以内で説明しなさい。
- (3) リチウム電池の Y 極で起こる反応を、電子  $e^-$  を含むイオン反応式で表しなさい。

問 4 下線部(d)に関して、濃度  $0.200 \text{ mol/L}$  の硫酸鉄(II)の硫酸酸性水溶液をしばらく空気中で放置した後、空気酸化で生じた鉄(III)イオンの割合を求める実験を行った。この溶液  $10.0 \text{ mL}$  をとり、 $0.0200 \text{ mol/L}$  の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定した。その結果、当量点までに要した過マンガン酸カリウム水溶液の体積は  $12.6 \text{ mL}$  となった。次の(1)~(3)に答えなさい。

- (1) 硫酸酸性水溶液中で過マンガン酸イオンが酸化剤として働くとき、反応前後のマンガンの酸化数を答えなさい。
- (2)  $1 \text{ mol}$  の過マンガン酸カリウムは何  $\text{mol}$  の鉄(II)イオンを酸化できるか答えなさい。
- (3) 初めに溶かした鉄(II)イオンの物質質量に対して、空気酸化で生じた鉄(III)イオンの物質質量の割合は、百分率で何%になるか、有効数字 2 桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。

Ⅲ [学校教育学類, 数物科学類, 物質化学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類, 医学類, 薬学類・創薬科学類, 保健学類]

次の文章を読み, 問1～問5に答えなさい。

体積を自由に変えることのできるピストンを備えた容器を用いて, 以下の操作1～4を順番に行った。なお液体の体積, ならびに液体への気体の溶解は無視してよい。また27℃と127℃での水の蒸気圧はそれぞれ $3.6 \times 10^3$  Paおよび $2.5 \times 10^5$  Paであり, 気体はすべて理想気体として扱えるものとする。

操作1: 容器にプロパンとブタンの混合気体を封入し, 温度および圧力を27℃,  $1.00 \times 10^5$  Paとなるように調整した。そのときの体積は2.49 Lであった。

操作2: 酸素1.00 molを容器中に加えて体積が70 Lとなる位置でピストンを固定し, 混合気体を適切な方法で完全燃焼させると, 二酸化炭素が16.72 g生成し, 液体の水が生じた。燃焼反応が終わった後に容器全体を27℃に保った。

操作3: ピストンを体積が70 Lとなる位置で固定したまま容器全体をゆっくりと温め, 温度を127℃まで上昇させた。

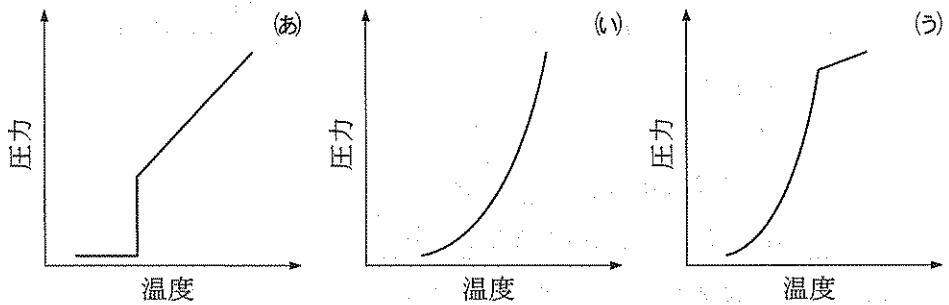
操作4: 容器全体の温度を127℃に保ったままピストンを動かして体積を減少させると, 液体の水が生じた。

問1 プロパンおよびブタンの完全燃焼の熱化学方程式を書きなさい。なおプロパンとブタンの燃焼熱はそれぞれ2220 kJ/molおよび2860 kJ/molとする。

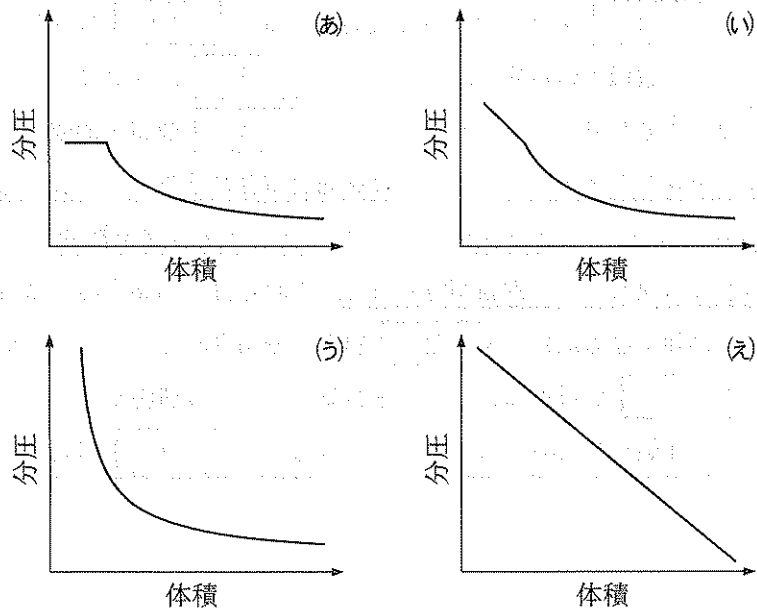
問2 操作1におけるプロパンおよびブタンの物質量[mol]を, それぞれ小数点以下第2位まで求めなさい。

問 3 操作 2 の後で容器内に生じた液体の水の物質質量(mol)を、有効数字 2 桁で求めなさい。また計算過程も示しなさい。

問 4 操作 3 における圧力の変化を表す最も適切なグラフを、下図(あ)~(う)から 1 つ選び、記号で答えなさい。



問 5 操作 4 における水および酸素の分圧の変化を表す最も適切なグラフを、下図(あ)~(え)からそれぞれ 1 つずつ選び、記号で答えなさい。



IV [学校教育学類, 数物科学類, 物質化学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類, 医学類, 薬学類・創薬科学類, 保健学類]

次の文章を読み, 問1～問6に答えなさい。

デンプンは [ア] が脱水縮合して [イ] 結合により連なった構造をもち, 多数の枝分かれ構造を含む。セルロースは [ウ] が脱水縮合して直鎖状に連なった構造である。

タンパク質は, その形状から [エ] タンパク質と [オ] タンパク質に大別され, 酵素は代表的な [エ] タンパク質である。タンパク質は部分的に [カ] 結合により安定化された [キ] 構造や $\beta$ -シート構造などの二次構造をとる。毛髪は [オ] タンパク質のケラチンが主成分で, パーマネントウェーブはケラチン分子間の [ク] 結合により形が固定されることによる。

細胞には, 遺伝情報を伝達するための核酸が存在する。核酸の単量体はヌクレオチドといい, 五炭糖(2種類のうち一方)に有機塩基(5種類のうち1つ)と [ケ] <sup>(a)</sup>が結合した構造をもつ。ヌクレオチドは糖の構造の違いから, リボヌクレオチドと [コ] ヌクレオチドに大別される。 [コ] ヌクレオチドが縮合重合したものは遺伝子の本体で, アデニンと [サ], グアニンと [シ] の間で [カ] 結合をつくって安定化された [ス] 構造を形成する。

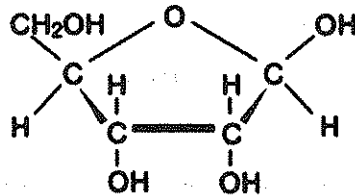
ヘキサメチレンジアミンとアジピン酸を縮合重合させると, 代表的なポリアミド <sup>(b)</sup>系繊維が得られる。 エチレングリコールとテレフタル酸を縮合重合させると, <sup>(c)</sup>ペットボトルの原料となる樹脂が得られる。 これらは, 加熱すると軟らかくなり冷却すると再び硬くなるため, [セ] 樹脂に分類される。 一方, フェノールやメラミンと [ソ] が付加縮合して得られるフェノール樹脂やメラミン樹脂は, 一 <sup>(d)</sup>度硬化すると加熱しても再び軟化することはない, [タ] 樹脂という。



問 1 ア ~ タ に入る最適な語句を記入しなさい。

問 2 デンプンにアミラーゼまたはセルラーゼを十分な時間作用させた後、ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えた。二つの酵素でどのような違いが見られたか、70字以内で説明しなさい。

問 3 下線部(a)に関して、下に2種類の糖のうちの一つ、リボースの構造式を示した。この構造式にならって、もう一方の糖の構造式を示しなさい。



問 4 下線部(b), (c)について、これらの反応を化学反応式で示しなさい。

問 5 下線部(c)について、得られた樹脂の平均分子量が  $1.00 \times 10^4$  のとき、平均重合度を有効数字2桁で求めなさい。

問 6 下線部(d)について、このような性質をもつ理由を20字以内で説明しなさい。

V [数物科学類, 物質化学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類]

次の文章を読み, 問1~問5に答えなさい。

原子番号113の元素を発見した日本の研究グループは, 最近この新元素をニホニウム(元素記号Nh)と命名した。Nhは元素の周期表の第7周期の元素で,<sup>(a)</sup>  
ア族元素とされ, 第2周期のB, 第3周期の 1, 第4周期のGa  
を含む列の一番下に位置する。かつて イ族元素のMnの下に位置する43  
番元素を発見したとしてニッポニウムと命名した歴史がある。しかし, 再確認する  
ことができず, その名前は現在では残っていない。今では43番元素はNhと同じ  
く, 天然には存在しない 2 同位体みの元素であることが分かっている。  
またNhは典型元素であるが, 43番元素は 3 元素になる。ニッポニウム  
発見の時代は天然物からの化学分離による化学的手法が主体であったので, 化学的  
性質が新元素発見の手がかりであったが, 現代の新元素発見では, 例えば日本の研  
究グループの長年の実験でもわずか3個のNh原子が確認されたのみであり, 放射  
線, 寿命, 質量などを測定する 4 的手法が使われる。

ア族元素の 1 は酸の水溶液にも強塩基の水溶液にも反応しそれ  
ぞれ塩をつくるので<sup>(b)</sup> 5 元素とよばれ, また, Gaは窒素と化合して  
6 の材料として使われている。一般に同じ族の元素は周期表の下に行くに  
つれて金属性が 7 する。新元素Nhはウランなどのアクチノイド元素より  
も重い元素であるため超アクチノイド元素, または超重元素とよばれることがあ  
る。これらの元素は 2 で寿命が短い人工元素であるため化学的性質につい  
てはまだよく分かっていない。Nhについても 1 やGaなどの同族元素と  
の類似性については今後の解明が期待される。

問 1 文中の [ 1 ] ~ [ 7 ] にあてはまる最も適切な語句と [ ア ] ,  
[ イ ] にあてはまる適切な数字を記しなさい。

問 2 典型元素の金属と [ 3 ] 元素の金属の一般的な最外殻電子数の特徴の違いについて 50 字以内で説明しなさい。また、この最外殻電子数の特徴の違いに対応して、典型元素の金属と [ 3 ] 元素の金属について、化学的性質が類似する他の元素がそれぞれ周期表においてどんな相対的な位置にあるか 50 字以内で説明しなさい。

問 3 下線部(a)の記述と、元素の周期表で希ガス元素の列の下に位置する 118 番元素の、下に示した電子配置を参考にし、Nh の電子配置を推定して記しなさい。また Nh の価電子数はいくつか答えなさい。

118 番元素の電子配置

K	L	M	N	O	P	Q
2	8	18	32	32	18	8

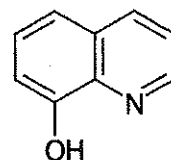
問 4 日本で発見された Nh 同位体の質量数は 278 であった。この原子核にある中性子数を答えなさい。

問 5 下線部(b)に示された性質について、 [ 1 ] と塩酸の反応および [ 1 ] と水酸化ナトリウムの反応を化学反応式でそれぞれ記しなさい。

## VI [数物科学類, 物質化学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類]

次の文章を読み, 問1~問6に答えなさい。

化学物質の有機溶媒と水への溶解度の違いを利用して, 化学分離する手法は溶媒抽出とよばれる。この場合2つの溶液はお互いに混じり合わず, 混合後に静置すると2つの溶液部に分離できることが条件になる。



オキシシン

右に示したオキシシンはHLと表すことができ, 水溶液中で電離によってヒドロキシ基の水素イオンがはずれて $L^-$ となり, 金属イオンと結合して有機溶媒に溶解するため金属の抽出に用いられる。また, 水素イオン濃度によって, 水素イオンを供給する一方で受容して $H_2L^+$ となることもある。これらのイオンや化合物が両溶液に溶解している平衡濃度の比(分配比) $D$ は次のように表される。

$$D = \frac{[HL]_{org}}{[H_2L^+]_{aq} + [HL]_{aq} + [L^-]_{aq}} \quad (1)式$$

ここで, org, aq はそれぞれ有機溶媒, 水に溶解していることを示している。(1)式は, 次のように定義したHLの有機溶媒および水への溶解に関わる平衡定数 $K_D$ , 酸解離定数 $K_1$ ,  $K_2$ と水素イオン濃度を用いて(2)式のように表される。

$$K_D = \frac{[HL]_{org}}{[HL]_{aq}}, \quad K_1 = \frac{[H^+]_{aq}[HL]_{aq}}{[H_2L^+]_{aq}}, \quad K_2 = \frac{[H^+]_{aq}[L^-]_{aq}}{[HL]_{aq}}$$

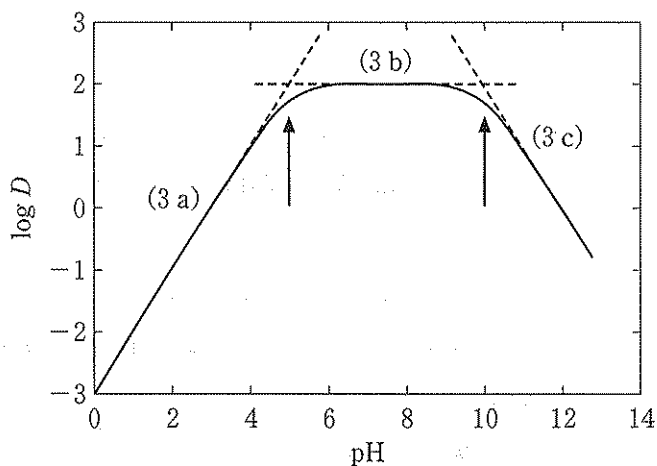
$$D = \boxed{\quad \quad \quad \text{ア} \quad \quad \quad} \quad (2)式$$

オキシシンの分配比 $D$ の水素イオン濃度依存性を調べるために次のような実験を行った。

[実験操作]

- i) 0.116 g のオキシシンをトルエンに溶解して、正確に 100 mL にした溶液を調製する。<sup>(a)</sup>
- ii) pH が 0 から 13 の範囲で pH の異なる緩衝液を調製する。
- iii) 緩衝液 20.0 mL と i) のトルエン溶液 5.00 mL を一つの容器に入れて、よく振り混ぜたのちにそれぞれの溶液に分離する。
- iv) 緩衝液(水溶液)中のイオンや化合物を含むオキシシン濃度を決定して分配比を求める。

実験結果は下の図に実線で示した。



(2)式と pH によって下記のように導かれる、 $D$  の対数値と pH の直線的な近似式 (図中の点線に対応) を、実験結果と比較することで  $K_D$ ,  $K_1$ ,  $K_2$  が求められる。

酸性条件で  $[H^+]_{aq} \gg K_1$  の場合  $\log D = \text{pH} + \boxed{\text{イ}}$  (3 a) 式

中性付近で  $K_1 \gg [H^+]_{aq} \gg K_2$  の場合  $\log D = \log K_D$  (3 b) 式

塩基性条件で  $[H^+]_{aq} \ll K_2$  の場合  $\log D = -\text{pH} + \boxed{\text{ウ}}$  (3 c) 式

- 問 1 文中の(2)式を完成させるため、ア に入る適切な式を記しなさい。
- 問 2 下線部(a)で調製したトルエン溶液のオキシシン濃度〔mol/L〕を有効数字 3 桁で求めなさい。
- 問 3 水溶液に抽出されたオキシシン濃度が  $8.00 \times 10^{-5}$  mol/L と決定されたときの分配比  $D$  はいくらになるか、有効数字 3 桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。
- 問 4 文中の(3 a)式と(3 c)式を完成させるため、イ および ウ に入る適切な式をそれぞれ記しなさい。
- 問 5 文中の(3 a)～(3 c)式および、図中の矢印で示した 3 つの直線の 2 つの交点の pH から  $\log K_1$  と  $\log K_2$  が求められる。それぞれの数値を図から読み取って求めなさい。ただし、小数点以下は四捨五入しなさい。
- 問 6 オキシシンを用いて水に溶解した 2 価金属イオン  $M^{2+}$  の抽出を試みた。有機溶媒に抽出される中性錯体を  $ML_2$  とするとき、両溶液に溶解する金属 M の分配比  $D_M$  を(1)式にならって表しなさい。なお、金属 M は水溶液中では 2 価金属イオン  $M^{2+}$ 、1 価陽イオン  $ML^+$ 、中性錯体  $ML_2$  として存在している。

