

## 平成 22 年度入学者選抜個別(第 2 次)学力検査問題

# 理 科

### 注 意 事 項

1. 監督者の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は、全部で 25 ページあり、第 1～3 ページは下書用紙です。下書用紙は切り離してはいけません。
3. 解答用紙は、問題冊子と別に印刷されているので、誤らないように注意しなさい。
4. 解答は、必ず解答用紙の指定された欄内に記入しなさい。点線より右側には何も記入しないこと。
5. 入学志願票に選択を記載した 2 科目について解答しなさい。選択していない科目について解答しても無効です。
6. 各解答用紙には、受験番号欄が 2 カ所ずつあります。それぞれ記入を忘れないこと。
7. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず、机上に置き、持ち帰ってはいけません。この冊子は持ち帰りなさい。
8. 落丁または印刷の不鮮明な箇所があれば申し出なさい。

# 化 学

必要のある場合には次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0    C = 12.0    N = 14.0    O = 16.0    Na = 23.0

P = 31.0    Cl = 35.5    Ar = 40.0    K = 39.1    Ca = 40.1

気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \frac{\text{Pa} \cdot \ell}{\text{K} \cdot \text{mol}}$

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

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

対数： $\log_{10} 2 = 0.30$      $\log_{10} 3 = 0.48$      $\log_{10} 7 = 0.85$

数値を計算して答える場合は、結果のみではなく途中の計算式も書き、計算式には必ず簡単な説明文または式と式をつなぐ文をつけよ。

**1** 以下の文章を読んで設問に答えよ。

空気は窒素と酸素がほぼ4 : 1の体積比でまじりあった気体である。空気中には、その他に水蒸気、アルゴン、二酸化炭素などの微量成分が含まれている。空気中の酸素は我々の肺を介して血液中に吸収され、摂取した有機化合物と反応し、体内で起こる生命活動に必要なエネルギーを供給する。空気に最も多く含まれる窒素は、反応性が酸素に比べてはるかに低く、体の中で変化することなく呼吸として吐き出される。表1には吸気と呼気の組成を示す。ただし、吸気は乾燥空気の組成として記されている。

20℃において、あらかじめアルゴン、二酸化炭素などの微量成分を除いた乾燥空気を蒸留水の入った容器に封入した。そのまま長時間放置すると、'乾いた空気'から'湿った空気(水蒸気の飽和状態)'になる(図1-a)。容器内の気体の圧力は $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ になるようにピストンで調節されている。一方、蒸留水には窒素、酸素がわずかながら溶け込む。気体の溶解度を表2に示す。

次に、容器内の気体の圧力を $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保った状態で、容器の温度を40℃に上げて、平衡状態に達するまで長時間放置した(図1-b)。

表1 呼吸で吸い込む空気(吸気)と吐き出す空気(呼気)の組成(体積比)

	吸 気(%)	呼 気(%)
窒 素	78.0	75.0
酸 素	21.0	16.0
アルゴン	0.9	0.9
二酸化炭素	0.04	4.0
水蒸気	0.0	4.0

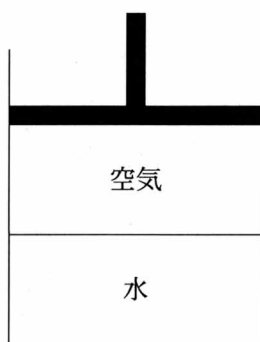


図1—a (20°C)



図1—b (40°C)

表2 水1ℓに対する気体の溶解度(気体分圧  $1.01 \times 10^5$  Pa)  
0°C,  $1.01 \times 10^5$  Paにおける体積に変換した値(ℓ)

温 度(°C)	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
0	0.0231	0.0489
20	0.0152	0.0310
40	0.0116	0.0231

問 1 表 1 を用いて、吸気と呼気の平均分子量(「見かけの分子量」ともいう)はそれぞれいくらか。小数点以下 1 桁目まで求めよ。

問 2 図 1— a の空気中の水蒸気の組成は体積比で何%か。有効数字 3 桁で求めよ。ただし、 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  における飽和水蒸気圧は  $2.34 \times 10^3 \text{ Pa}$  である。

問 3 図 1— a における空気の密度 ( $\text{g/l}$  の単位) を有効数字 3 桁で答えよ。ただし、もとの乾燥空気の体積組成は窒素 80.0 %、酸素 20.0 % とする。(以下、問 4～問 6 でもこの体積組成を用いよ。)

問 4 乾いた空気と図 1— a の湿った空気(水蒸気の飽和状態)の密度を比べた。次の中から正しいものを一つ選び、その理由を述べよ。

A. 湿った空気の方が密度は高い      B. 乾いた空気の方が密度は高い  
C. 同 じ

問 5 図 1— a の水に溶け込んだ窒素、酸素の体積組成比( $\frac{\text{窒素}}{\text{酸素}}$ )を有効数字 3 桁で答えよ。

問 6 図 1— a の水と空気の体積がそれぞれ  $1.0 \text{ l}$  とするとき、図 1— b の水に溶け込んだ窒素の物質量は図 1— a のときの何倍になるか。有効数字 2 桁で求めよ。 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  における飽和水蒸気圧は  $7.38 \times 10^3 \text{ Pa}$  である。ただし、この温度変化に伴う水の体積変化は無視できるものとし、空気中の窒素と酸素の体積組成比はこの温度変化では変わらないと仮定せよ。

2 以下の文章を読んで設問に答えよ。

アミノ酸を定量する方法として、ホルモール法がある。これは、過剰量のホルマリンを加えた後、アミノ酸を中和滴定する方法である。 $\alpha$ -アミノ酸の一般式を  $\text{RCH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$  として、ホルマリンと反応させた時の化学反応式は以下の通りである。



ホルモール法を用いて、側鎖が炭素と水素のみからなる  $\alpha$ -アミノ酸 X の定量を試みた。1.00 g のアミノ酸 X を適量の蒸留水に溶かし、ホルマリン 10 ml を加えた後、さらに蒸留水を加えて全体の体積を 100.0 ml にした(溶液 Y)。溶液 Y を 10.0 ml 測り取り、0.100 mol/l NaOH 水溶液 20.0 ml を加えた後、指示薬のフェノールフタレインを加えたところ、赤色を呈した。0.200 mol/l HCl 水溶液で滴定すると、6.18 ml を要した。

問 7 空欄イとロに当てはまる物質の構造式を例にならって書け。

例  $\text{R}-\text{O}-\text{H}$

問 8 ホルモール法で過剰量のホルマリンを加える理由を述べよ。

問 9 溶液 Y のアミノ酸 X のモル濃度を有効数字 3 桁で求めよ。

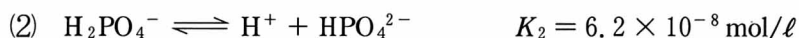
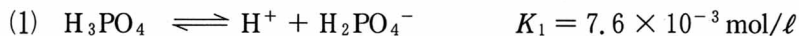
問 10 アミノ酸 X の分子量を求めよ。ただし、小数点以下第 1 位を四捨五入せよ。

問 11 アミノ酸 X の分子式を書け。

問 12 アミノ酸 X の考えられる構造式を全て書け。不斉炭素原子に\*を付けよ。

3 次の文章を読んで設問に答えよ。

生体にはリンを含む分子が多種類存在する。リン酸カルシウムは骨や歯の主成分であり、リン酸は核酸の構成成分でもある。また、リン酸とエステル結合したタンパク質は細胞内の情報伝達に関わることが知られている。リン酸は水に溶かすと次に示すように段階的に電離をする。



ここで、 $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$ はそれぞれの反応の25℃における平衡定数(電離定数)である。水素イオン濃度に対して水素イオン指数を $\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$ と定義したように、平衡定数についても $\text{p}K = -\log_{10}K$ と定義すると、 $\text{p}K_1 = 2.1$ 、 $\text{p}K_2 = 7.2$ 、 $\text{p}K_3 = 12.6$ になる。

中性付近においては、 $[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$ や $[\text{HPO}_4^{2-}]$ に比べて、 $[\text{H}_3\text{PO}_4]$ や $[\text{PO}_4^{3-}]$ は低いので、3つの電離平衡の中で(2)の寄与だけを考えることができる。

(2)の平衡の式

$$\frac{[\text{H}^+][\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} = K_2$$

の両辺を対数に変換して、

$$\text{pH} = \text{p}K_2 + \log_{10}(\quad \text{ハ} \quad)$$

と表わされる。この式から $[\text{HPO}_4^{2-}] = [\text{H}_2\text{PO}_4^-]$ のとき、pHは(　ニ　)であることがわかる。

一方、リン酸 $\text{H}_3\text{PO}_4$ を高温で加熱すると脱水反応が起きて $\text{H}_{n+2}\text{P}_n\text{O}_{3n+1}$ で表される化合物が生成する。細胞内でエネルギーの授受に関わるアデノシン三リン酸(ATP)は分子内に高エネルギーリン酸結合を有し、その(　ホ　)に伴って大きなエネルギーが発生する。

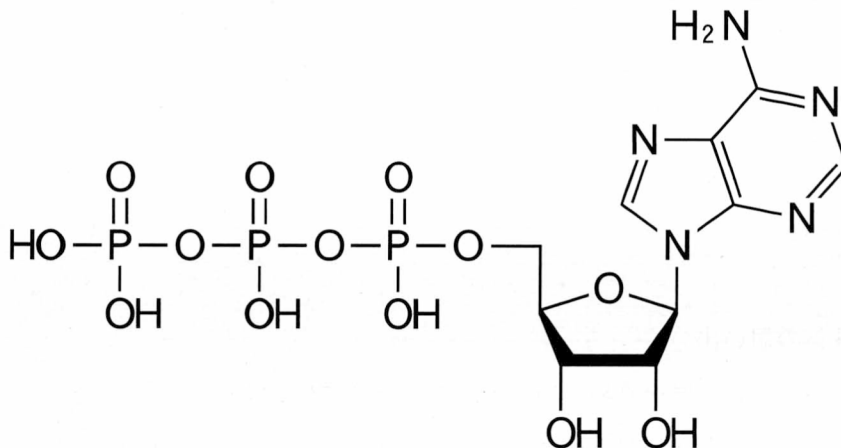


図2 アデノシン三リン酸(ATP)の構造式

問13 空欄ハ、ニ、ホを埋めよ。ニは数値で答えよ。

問14  $0.10 \text{ mol/l NaH}_2\text{PO}_4$  水溶液  $1.0 \text{ l}$  に  $\text{NaOH}$  を加えて  $\text{pH} = 7.2$  の溶液を作りたい。何  $\text{g}$  の  $\text{NaOH}$  が必要か。有効数字2桁で求めよ。

問15  $0.10 \text{ mol/l NaH}_2\text{PO}_4$  水溶液  $1.0 \text{ l}$  に  $\text{NaOH}$  を加えて  $\text{pH} = 8.0$  の溶液を作った。この水溶液中に最も多く含まれるイオンは何か。以下の中から1つ選べ。ただし水のイオン積は  $K_w = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/l})^2$  とし、 $\text{Na}^+$  を除いて考えよ。

- A.  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$       B.  $\text{HPO}_4^{2-}$       C.  $\text{PO}_4^{3-}$   
 D.  $\text{H}^+$       E.  $\text{OH}^-$

問16 リン酸2分子が縮合して生じるリン酸化合物の構造式を書きなさい。

問17 図2に示すATPの構造式の中で高エネルギーリン酸結合はどこにあるか。該当する化学結合(価標)に○をつけよ。