

2014 年度入学試験問題(前期)

理 科 (問 題)

注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で 24 ページあり，問題数は，物理 5 問，化学 4 問，生物 5 問である。白紙・余白の部分は計算・下書きに使用してよい。
- 2) 別に解答用紙が 3 枚ある。解答はすべてこの解答用紙の指定欄に記入すること。指定欄以外への記入はすべて無効である。
- 3) 3 枚の解答用紙のすべての所定欄に，それぞれ受験番号を記入すること。氏名を記入してはならない。また，※印の欄には何も記入してはならない。
- 4) 理科は物理・化学・生物のうち 2 科目を選択して解答すること。選択しない科目の解答用紙には(受験番号は忘れず記入の上)用紙全体に大きく×印をつけて，選択しなかったことがはっきりと分かるようにすること。
- 5) 3 科目全部にわたって解答したもの，および解答用紙 3 枚のうち 1 枚に×印のないものは，理科の試験全部が無効となる。
- 6) 問題冊子，解答用紙はともに持ち出してはならない。
- 7) 途中退場または試験終了時には，解答が他の受験生の目に触れないように解答用紙を裏返して，下から順に物理，化学，生物の解答用紙を重ねて，監督者の許可を得た後に退出すること。

化 学

[注意] 問題を解く際に、必要ならば、次の値を用いなさい。

原子量 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $Mg = 24.3$,

$S = 32.1$, $Cu = 63.5$, $Zn = 65.4$

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

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

I 次の問1, 問2に答えなさい。

問1 下の【A群】の語句(1)~(4)に対応するものを【B群】からそれぞれ2つずつ選び、それらの元素記号や分子式で、解答欄(1)~(4)に答えなさい。必要があれば、同じものを二度以上用いてもかまわない。

【A群】

(1) 同位体 (2) 同素体 (3) 同族体 (4) 同族元素

【B群】

アセチレン, エタン, エチレン, オゾン, 過酸化水素, 酸素,
重水素, 臭素, 水素, 窒素, ブタン, フッ素

問 2 次の文中の [ア] ~ [ク] に入る化合物名をそれぞれ解答欄(ア)~(ク)に答えなさい。必要があれば、同じ化合物名を二度以上使用してもかまわない。

ベンゼンを濃硫酸と濃硝酸の混合物と反応させると [ア] が生成するが、濃硫酸のみを加えて加熱すると [イ] ができる。この [イ] を固体の水酸化ナトリウムとともに高温で処理すると [ウ] が得られる。この [ウ] を水に溶かして酸性にすると [エ] が得られる。一方、[ア] に塩酸とスズを作用させた後、その溶液を塩基性にすると、[オ] が得られる。

[ア] , [エ] , [オ] の混合物に十分量の水酸化ナトリウム水溶液とエーテルを加えて、分液ロートでよく振り混ぜてから静置すると、水層とエーテル層に分かれ、水層には [カ] が含まれていた。この水層を取り除き、エーテル層に十分量の希塩酸を加えて、よく振り混ぜた後に静置すると、再び、水層とエーテル層に分かれた。この水層およびエーテル層にはそれぞれ [キ] と [ク] が含まれている。

II 次の文章を読み、問1～問4に答えなさい。

ある2価の金属Mの硫酸塩を溶かした水溶液がある。この水溶液に2枚の白金板を浸し*i*Aの直流電流を流して電気分解を行った。アからは25℃、1013 hPaの状態、*V*₀Lの気体が発生し、イには*M*₀gの金属Mが析出した。なお、この電気分解を行うために十分な量の水溶液があり、発生した気体がこの水溶液に溶解する量は無視できるものとする。

問1 ア，イに入る適切な語句を解答欄(ア)，(イ)にそれぞれ答えなさい。

問2 この電気分解で発生する気体の物質名を解答欄(i)に、その気体が発生する反応を反応式で解答欄(ii)に示しなさい。

問3 この電気分解で*V*₀Lの気体が発生するのに何Cの電気量が必要か解答欄(i)に答えなさい。また、何秒間直流電流を流す必要があるか解答欄(ii)に答えなさい。解答は、分数のままで表し、約分などの計算もする必要はない。

問4 この電気分解の結果から、金属Mの原子量を答えなさい。解答は、分数のままで表し、約分などの計算もする必要はない。

III 次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

酸素 5.00 mol と窒素 20.0 mol から成る混合気体中で、プロパン 1.00 mol を燃焼させたところ、不完全燃焼が起こった。炭素はすべて酸化されたが、二酸化炭素と一酸化炭素が生成し、二酸化炭素と一酸化炭素の物質質量比は7対3となった。一方、水素はすべて気体の水になった。また、別の実験から、25℃、1013 hPaにおける水(気体)、一酸化炭素、二酸化炭素、プロパンの生成熱は、それぞれ242 kJ/mol、111 kJ/mol、394 kJ/mol、104 kJ/molであった。なお、気体はすべて理想気体として振舞うものとする。

問1 この燃焼実験で燃焼により消費された酸素の物質質量を有効数字3桁で答えなさい。

問2 この燃焼実験で生成した気体の全物質質量に対する二酸化炭素の物質質量の割合は、何%になるか、有効数字3桁で答えなさい。

問3 一酸化炭素がさらに酸化されて、二酸化炭素になる反応を熱化学方程式で示しなさい。

問4 この燃焼実験で、発生する熱量は25℃、1013 hPaにおいていくらになるか、有効数字3桁で答えなさい。ただし、生成物はすべて気体の状態で存在するものとする。

問5 この燃焼実験が終了して、気体の温度が絶対温度で800 Kになった。1013 hPaの状態では、燃焼後に占める気体の体積は、何 m^3 になるか有効数字3桁で答えなさい。

IV 次の文章を読み、問1～問7に答えなさい。

タンパク質は生命を維持するための重要な機能を持っている分子の一つである。中でもヘモグロビンは、ほとんどすべての脊椎動物に存在し、その個体の隅々に酸素を運搬する役割を担っている非常に重要なタンパク質である。そのため古くから詳細に研究されてきた。

ヘモグロビン分子は、 α 鎖と β 鎖という2種類のポリペプチドがそれぞれ2本ずつ集まり、4本のポリペプチドから構成されている。この α 鎖と β 鎖は、ともに β シート構造をもたず、7から8箇所^①で右巻きのらせん構造^②を取っていることが分かっている。

また、それぞれのポリペプチドが形成する立体構造(それぞれのポリペプチドをサブユニットと呼ぶ)内には、ヘムと呼ばれる鉄(II)イオンを含んだ色素分子が1個ずつ存在し^③、すべてのヘムは1分子ずつの酸素を結合することができる。ヘムと酸素の結合には、この鉄(II)イオンが不可欠であり、鉄(II)イオンが酸化され鉄(III)イオンになると^④、ヘモグロビンは暗褐色のメトヘモグロビンと呼ばれる状態になり、酸素を結合する能力を失ってしまう。ヘモグロビンのヘムが酸素と結合する割合は、酸素の分圧に応じて変化する。例えば、肺胞の酸素分圧(100 mmHg)以上では、すべてのヘムが酸素と結合した状態で存在し、このヘモグロビンが血流によって末梢へ運ばれ、酸素分圧の低下したところで酸素を放出する。ヘモグロビンは、このようにして体の各部に酸素を運搬している。

問1 下にタンパク質検出方法を3種類示す。

	検出方法	操 作	呈 色	検出の要因となる構造や官能基など
ア	キサント プロテイン反応	(A)を加えて加熱後、濃アンモニア水を加える	橙黄色	(B)
イ	ビウレット反応	水酸化ナトリウム水溶液でアルカリ性にした後、(C)水溶液を加える	(D)	(E)
ウ	酢酸鉛(II) との反応	固体の水酸化ナトリウムを加え加熱後、酢酸鉛(II)水溶液を加える	(F)	(G)

この表の(A)から(G)に入る最も適切なものを、それぞれ解答欄(A)~(G)に答えなさい。

また、これら3種類のタンパク質検出方法の中で、タンパク質の種類による影響を最も受けない検出方法を一つ選び、解答欄(H)に、ア~ウの記号で答えなさい。

問 2 タンパク質溶液に多量の塩を加え、タンパク質を沈殿させて回収することがある。この現象を何というか答えなさい。

問 3 下線部①および②の構造は、サブユニット内のどのような力によって安定に保たれているか、もっとも適切なものを一つ答えなさい。

問 4 下線部③のようにアミノ酸以外の成分をその構造に含んでいるタンパク質を何というか答えなさい。

問 5 下線部④のように同一元素において複数の酸化数を示すことがある。このことと最も関係の深い事柄を次のア~オから選び、その記号で答えなさい。

ア. 金属元素である

イ. 中性子の数が異なる

ウ. 電気をよく通す

エ. 遷移元素である

オ. イオン化傾向が強い

問 6 37℃における水1Lに対する酸素の溶解度は、酸素の圧力が1013 hPa のとき 1.10×10^{-3} mol であった。肺胞と同じように酸素分圧100 mmHg, 37℃の状態では、何gの酸素が水1Lに溶解することができるか、有効数字3桁で答えなさい。

問 7 ある人の血液を調べたところ、100 mL 中に13.0 g のヘモグロビンが含まれていた。肺胞において、この人の血液1L中のヘモグロビンが結合できる酸素の質量は何gか、有効数字3桁で答えなさい。ただし、ヘモグロビンの分子量は65000 とする。