

平成 17 年度入学試験問題

理 科

物理 I B・物理 II 化学 I B・化学 II
生物 I B・生物 II 地学 I B・地学 II

注 意

- 1 問題冊子は 1 冊，解答用紙は物理 I B・物理 II 4 枚，化学 I B・化学 II 4 枚，生物 I B・生物 II 4 枚，地学 I B・地学 II 5 枚，下書き用紙は 2 枚です。
- 2 出題科目，ページ及び選択方法は，下表のとおりです。

出 題 科 目	ページ	選 択 方 法
物 理 I B・物 理 II	1 ～ 8	左記科目のうちから志望する学部，学科等が指定する数(1 又は 2)の科目を選択し，解答しなさい。
化 学 I B・化 学 II	9 ～ 20	
生 物 I B・生 物 II	21 ～ 32	
地 学 I B・地 学 II	33 ～ 42	

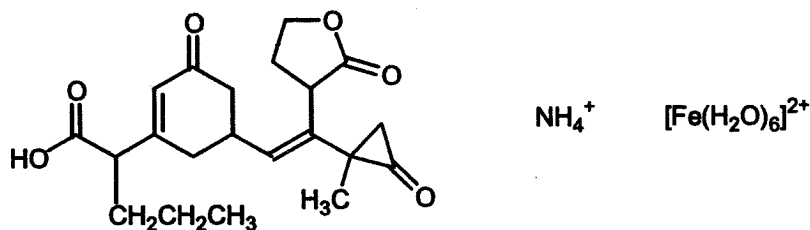
- 3 選択する科目のすべての解答用紙に受験番号を記入しなさい。
- 4 解答は，すべて解答用紙の指定されたところに書きなさい。
- 5 選択しなかった科目の解答用紙を試験時間中に監督者が回収するので，大きく X 印をして机の左の方に重ねて置きなさい。
- 6 試験終了後，問題冊子と下書き用紙は必ず持ち帰りなさい。

化学 I B ・ 化学 II

「解答上の注意」

各問の解答は、解答用紙の指定されたところに記入せよ。必要ならば、原子量は次の値を用いよ；H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0。気体定数 R は、 $0.082 \text{ atm}\cdot\text{l}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ を用いよ。

構造式およびイオン式は下記の例にならって記せ。炭素原子を含む結合を線(価標)で示した場合は、炭素原子は元素記号で示さなくてもよい。また、その炭素原子に結合する水素原子、および、その炭素原子と水素原子との間の結合を示す線(価標)は示さなくてもよい。



第1問

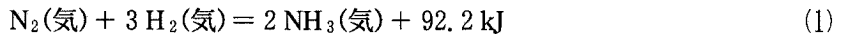
窒素を構成元素として含む物質に関連した問1～問5に答えよ。

問1 次の文章a～eのうち、窒素とリンのいずれにもあてはまるものをすべて選び、記号で答えよ。

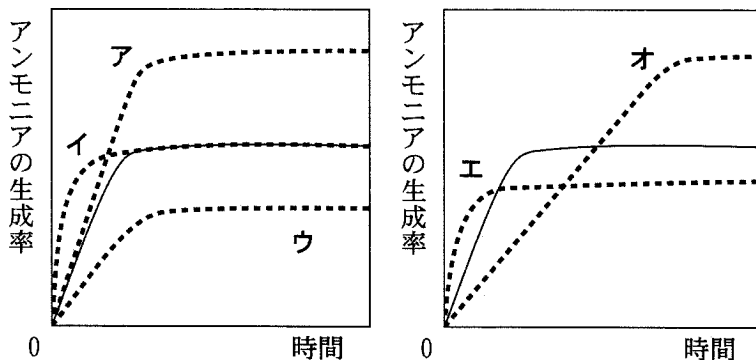
- a 原子は5個の価電子をもっている。
- b 単体は室温で気体である。
- c 肥料の三要素の一つである。
- d 同素体は存在しない。
- e 周期表では第2周期に属する。

問2 N_2 、 NH_4^+ 、 NH_3 のうち、非共有電子対をもつもの、三重結合をもつもの、不活性ガスであるものをそれぞれすべて選び、化学式で記せ。

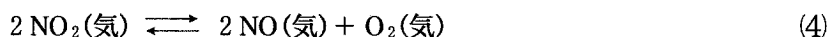
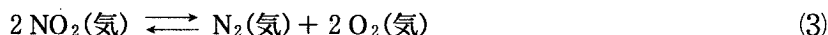
問3 工業的なアンモニア合成の熱化学方程式は式(1)で表される。



500℃でのアンモニアの生成率が図中の実線のように変化したとする。他の条件は同じで、反応温度を400℃にしたとき、および、500℃で触媒を用いたとき、生成率の時間変化はそれぞれどのようなようになるかを図中の破線ア～オのうちから選び、記号で答えよ。

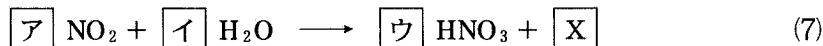
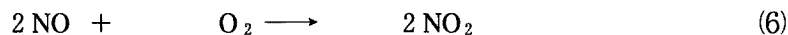
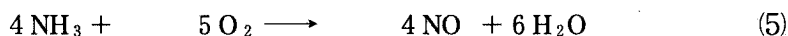


問 4 二酸化窒素は赤褐色の気体である。これを先端を封じた注射器に入れ室温で静置し、平衡状態にした。その後、室温に保ちながらピストンを気体の体積が半分になるまで押し込むと、気体の色はいったん濃くなるが、しだいに薄くなってきた。以下の反応式(2)~(4)のうち、この色が薄くなる変化に関係する反応はどれか、反応式の番号で答えよ。また、その反応を選んだ理由を a ~ d の中から選べ。ただし、反応式の右辺の単体および化合物は全て無色である。

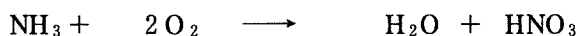


- a 圧力が増加すると、分子数が増える方向に平衡が移動した。
- b 圧力が増加すると、分子数が少なくなる方向に平衡が移動した。
- c 圧力が増加すると、単体が生成しやすくなる方向に平衡が移動した。
- d 圧力が増加すると、二酸化窒素の消失の反応速度定数が大きくなる方向に平衡が移動した。

問 5 硝酸は、工業的にはアンモニアから反応式(5)~(7)に従い製造される。以下の問(i), (ii)に答えよ。



(i) 反応式(5)~(7)より、アンモニアと酸素から硝酸が生成する反応を一つの反応式で表すと、



となった。反応式(7)の係数 $\boxed{\text{ア}} \sim \boxed{\text{ウ}}$, および化学式 $\boxed{\text{X}}$ をそれぞれ記せ。

(ii) 標準状態(0℃, 1.0 atm)で 20 l のアンモニアの気体から、理論上最大何 g の硝酸をつくることができるかを求め、有効数字 2 桁で答えよ。

第2問

ア～クの金属イオンのうち、4種類の金属イオンを含む青色の希硝酸溶液がある。この試料溶液中に含まれている金属イオンを調べるために以下の操作1～操作4を行った。図を参考にして、問1～問8に答えよ。

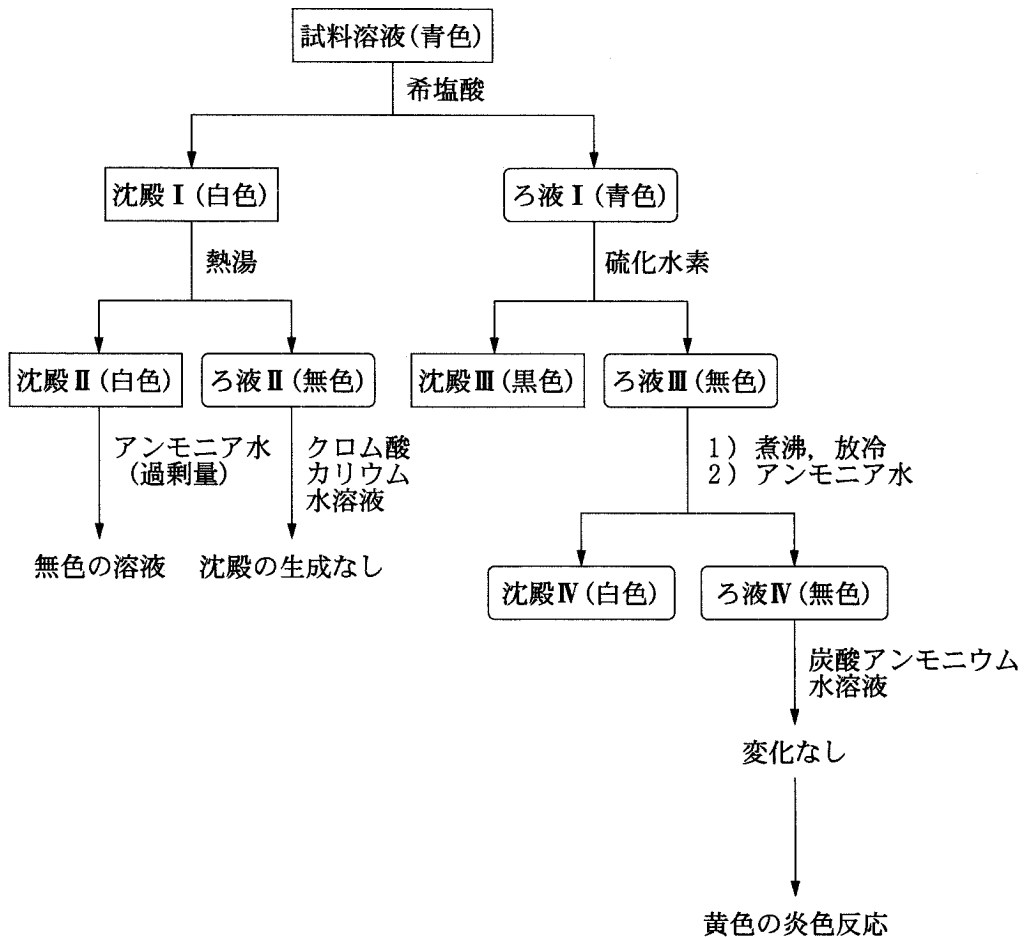
ア Na^+	イ K^+	ウ Ag^+	エ Ca^{2+}
オ Cu^{2+}	カ Pb^{2+}	キ Zn^{2+}	ク Fe^{3+}

操作1 試料溶液に希塩酸を加えたところ、沈殿が生成したのでろ過すると、白色の沈殿Ⅰと青色のろ液Ⅰが得られた。続いて、ろ紙上の沈殿Ⅰに熱湯をそそいだ。ろ紙に残った白色沈殿を沈殿Ⅱ、そのろ液をろ液Ⅱとする。沈殿Ⅱに過剰量のアンモニア水を加えると沈殿は溶解した。一方、ろ液Ⅱにクロム酸カリウム水溶液を加えたところ、クロム酸カリウム水溶液による着色以外、新たな沈殿の生成はなかった。

操作2 ろ液Ⅰに、硫化水素(H_2S)を通すと沈殿が生じたのでろ過すると、黒色の沈殿Ⅲと無色のろ液Ⅲが得られた。

操作3 ろ液Ⅲを煮沸してから、室温になるまで放置した。その後、少量のアンモニア水を加えて弱アルカリ性にしたところ、沈殿が生じたのでろ過すると白色の沈殿Ⅳと無色のろ液Ⅳが得られた。

操作4 ろ液Ⅳに炭酸アンモニウム水溶液を加えたが、変化はなかった。この溶液の一部を白金線につけ炎色反応を行うと、黄色の炎が観察された。



問 1 沈殿Ⅱの金属イオンは何か、ア～クの記号で答えよ。また、この金属イオンの水溶液では、水酸化ナトリウム水溶液を加えると褐色の沈殿が生じる。この反応をイオン反応式で記せ。

問 2 ろ液Ⅱにクロム酸カリウム水溶液を加えたのは、何イオンの有無の確認を目的としたものか、ア～クの記号で答えよ。

問 3 沈殿Ⅲの金属イオンは何か、ア～クの記号で答えよ。また、この金属イオンの水溶液では、水酸化ナトリウム水溶液を加えると青白色の沈殿が生じる。この反応をイオン反応式で記せ。

問 4 操作 3 で下線部の操作をした理由を「溶解度」という語句を入れ、30 字以内で記せ。

問 5 沈殿Ⅳの金属イオンは何か、ア～クの記号で答えよ。また、この金属の酸化物は、塩酸にも水酸化ナトリウム水溶液にも溶ける。この金属酸化物の化学式を記せ。また、このような酸化物を一般に何というかを記せ。

問 6 沈殿Ⅳに過剰量の水酸化ナトリウム水溶液を加えると、沈殿Ⅳは、錯イオンを生成し溶解した。生成した錯イオンの化学式を記せ。

問 7 ろ液Ⅳに炭酸アンモニウム水溶液を加えたのは、何イオンの有無の確認を目的としたものか、ア～クの記号で答えよ。

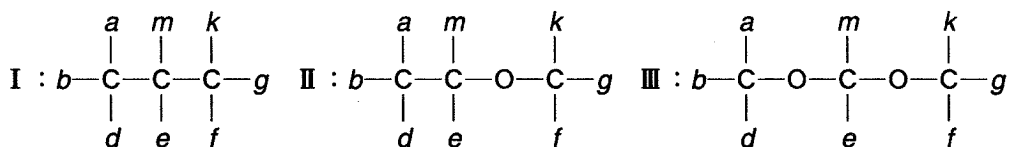
問 8 ろ液Ⅳに含まれる金属イオンは何か、ア～クの記号で答えよ。

(次のページにも問題があります。)

第3問

次の文章を読み、以下の問1～問3に答えよ。なお、解答にあたって、立体構造の違いは考慮しなくてよい。

分子式 $C_3H_6O_3$ の有機化合物には、不安定な酸素—酸素結合、あるいは炭素—炭素不飽和結合などをもつものを除いても、なお数多くの異性体が存在する。それらの異性体の骨格は、図に示した炭素原子だけのつながり(I)や、酸素原子が炭素原子の間に入ったつながり(II, III)などで表される。これらの骨格に酸素原子や水素原子が結合して様々な構造ができあがる。



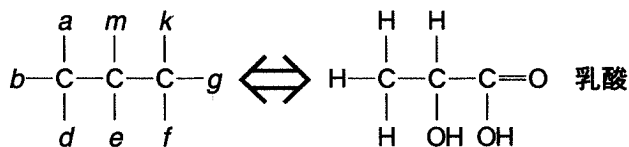
例えば、乳酸や(あ)は、ヒドロキシ酸と呼ばれる異性体である。また、分子式 $C_3H_6O_3$ は $C_3(H_2O)_3$ とも表せるので、(い)と呼ばれる異性体が含まれることがわかる。ケトン基をもつ(い)や、アルデヒド基をもつ(う)は(い)の一種である。一方、炭素原子が2個のヒドロキシ酸に含まれる二つの官能基がそれぞれ変換されると、エーテル結合をもつ(え)や、エステル結合をもつ(お)のような異性体ができる。なお、ギ酸のエステルであり、不斉炭素原子をもつ(か)は、実際には不安定な異性体である。さらに、エーテル結合のみを官能基としてもっている(き)のように環式化合物の異性体もある。

乳酸は(ii)化反応を行うのに必要な二つの官能基をもっているので、適当な条件下では、乳酸だけでその反応が起こる。ただし、生成物は一分子内での反応から予想される三員環構造の(く)ではなく、分子間の(iii)重合で生成するポリマーである。乳酸の場合、二段階でポリマーを合成する方法も有効である。すなわち、まず、乳酸を分子式 $C_6H_8O_4$ の化合物(け)に変換し、次に、この化合物を単量体とする(iv)重合を行う。6-ナイロンは、この(v)重合で(v)からつくられる。

問 1 (あ) ~ (き) に適する異性体の構造を表す略号をア ~ クより選び、記号で記せ。なお、略号については、以下の乳酸の例を参照せよ。

- | | | | |
|---|--------------------------|---|--------------------------|
| ア | I : a, e = OH : (fg) = O | イ | I : a, f = OH : (em) = O |
| ウ | I : a, f = OH : (gk) = O | エ | II : a = OH : (bd) = O |
| オ | II : a = OH : (em) = O | カ | II : e = OH : (fg) = O |
| キ | III : (af) = O | ク | III : (em) = O |

乳酸の骨格は下に示すように I であり、e および f を OH、g と k を同一の O が占める構造である。a、b などにある水素は無表記とする。これより、乳酸は I : e, f = OH : (gk) = O の略号で表される。



問 2 (i) ~ (v) に適する語句をケ ~ チより選び、記号で記せ。

- | | | | | | |
|---|---------|---|----------|---|-------|
| ケ | エーテル | コ | 開環 | サ | 炭化水素 |
| シ | カプロラクタム | ス | 炭水化物(糖類) | セ | 縮合 |
| ソ | 付加 | タ | エステル | チ | アジピン酸 |

問 3 (く) および (け) に適する化合物の構造式を、「解答上の注意」の例にならって記せ。

第4問

生体内のタンパク質を構成する α -アミノ酸は、図1のような一般式で表すことができる。図中に示すアミノ基を α -アミノ基、カルボキシル基を α -カルボキシル基と呼ぶ。 α -アミノ酸の分子間で、 α -アミノ基と α -カルボキシル基が脱水縮合して形成される結合をペプチド結合という。図2に3分子の α -アミノ酸からなるペプチドの示性式を示す。図中、左端のアミノ酸をN末端アミノ酸、一方、右端のアミノ酸をC末端アミノ酸と呼ぶ。

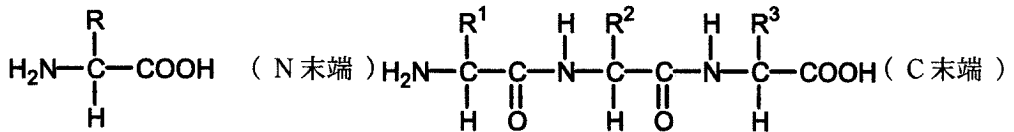


図1 (Rは側鎖)

図2 ($\text{R}^1, \text{R}^2, \text{R}^3$ は側鎖)

表に示す6種類の α -アミノ酸8個からできたペプチド-Iがある。このペプチド-Iのアミノ酸の配列順序を決定するために実験1～実験4を行った。次の問1～問6に答えよ。

α -アミノ酸の名前	記号	R(側鎖)部分の示性式
グリシン	G	-H
ロイシン	L	$-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{H}$
グルタミン酸	E	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$
リシン	K	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$
フェニルアラニン	F	$-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_5$
セリン	S	$-\text{CH}_2-\text{OH}$

実験 1 ペプチド結合を N 末端から順次加水分解する酵素を用いて、ペプチド-I を分解し、N 末端の α -アミノ酸のみを取り出した。この α -アミノ酸を濃硝酸中で加熱すると黄色の呈色が観察され、冷却後アンモニア水を加えてアルカリ性にすると、反応溶液は橙黄色になった。

実験 2 塩基性 α -アミノ酸の α -カルボキシル基が形成したペプチド結合のみを加水分解する酵素を用いて、ペプチド-I を分解した。その結果、2 種類のペプチド(ペプチド-II とペプチド-III)のみが得られた。ペプチド-II には酸性アミノ酸が、ペプチド-III には塩基性アミノ酸が含まれていることがわかった。

実験 3 ペプチド-II を加水分解し、 α -アミノ酸の組成を分析したところ、2 種類の α -アミノ酸が得られ、その物質量の比は 1 : 1 であった。また、ペプチド-II の N 末端と C 末端の α -アミノ酸はともに、光学異性体の存在しない α -アミノ酸であった。

実験 4 ペプチド-III を加水分解し、 α -アミノ酸の組成を分析したところ、4 種類の α -アミノ酸が得られた。ペプチド-III の N 末端から 2 番目の α -アミノ酸と 3 番目の α -アミノ酸の水に対する溶解度を比較すると、3 番目の α -アミノ酸の方が高い値を示した。

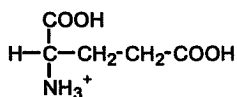
問 1 ペプチド-I の N 末端 α -アミノ酸を表中の記号で記せ。また、実験 1 での呈色反応の名前を記せ。

問 2 ペプチド-II の N 末端と C 末端に共通する α -アミノ酸を表中の記号で記せ。

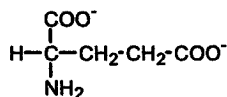
問 3 ペプチド-III の N 末端から 2 番目と 3 番目および C 末端の α -アミノ酸を表中の記号で記せ。

問 4 ペプチド-I の全アミノ酸配列を表中に示す記号で、N 末端を左端にして に記せ。

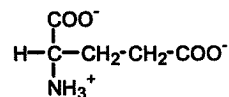
問 5 酸性水溶液中およびアルカリ性水溶液中で、グルタミン酸とリシンがとるイオン式のうち、もっとも多く存在するものを以下のア～カから選び、記号で答えよ。



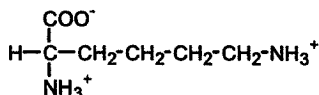
ア



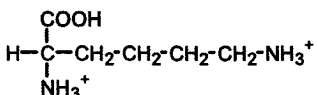
イ



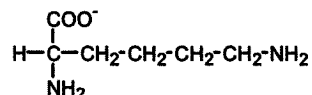
ウ



エ



オ



カ

問 6 次の文章を読み、(a)～(g)に適切な語句あるいは示性式をキ～シから選び、記号で答えよ。ただし、同じ記号を複数回用いてもよい。

ペプチド-II とペプチド-III を含む水溶液を中性条件で陽イオン交換樹脂に注いだところ、(a)が先に流れ出た。次に、アルカリ性水溶液を注ぐと、(b)が流れ出た。この理由は、以下のように考えられる。中性条件では、(b)の1分子中には、2個の(c)と1個の(d)が存在するために、陽イオン交換樹脂に対して強い結合力を示した。一方、アルカリ性条件にすると、(b)の(e)は変化しないが、イオン交換樹脂との結合に関わっていた(f)が(g)になった。この結果、イオン交換樹脂に対する結合力が低下したために流れ出た。

キ ペプチド-II

ク ペプチド-III

ケ $-\text{COOH}$

コ $-\text{COO}^-$

サ $-\text{NH}_2$

シ $-\text{NH}_3^+$