

平成 28 年度 入学試験問題

理 科

Ⅰ 物 理・Ⅱ 化 学
Ⅲ 生 物・Ⅳ 地 学

2 月 25 日(木) (情—自然) 13:45—15:00

(理・医・工・農) 13:45—16:15

注 意 事 項

1. 試験開始の合図まで、この問題冊子と答案冊子を開いてはいけない。
2. 問題冊子のページ数は、61 ページである。
3. 問題冊子とは別に、答案冊子中の答案紙が理学部志望者と情報文化学部自然情報学科志望者には 18 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 4 枚、地学 6 枚)、医学部志望者と農学部志望者には 12 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 4 枚)、工学部志望者には 8 枚(物理 3 枚、化学 5 枚)ある。
4. 落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつたら、ただちに申し出よ。
5. 情報文化学部自然情報学科志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 1 科目を選択して解答せよ。

理学部志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 2 科目を選択して解答せよ。ただし、物理、化学のいずれかを必ず含むこと。

医学部志望者と農学部志望者は、物理、化学、生物のうち 2 科目を選択して解答せよ。

工学部志望者は、物理と化学の 2 科目を解答せよ。

6. 解答にかかる前に、答案冊子左端の折り目をていねいに切り離し、自分が選択する科目の答案紙の、それぞれの所定の 2 箇所受験番号を記入せよ。選択しない科目の答案紙には、大きく斜線を引け。
7. 解答は答案紙の所定の欄に記入せよ。所定の欄以外に書いた解答は無効である。
8. 答案紙の右寄りに引かれた縦線より右の部分には、受験番号のほかは記入してはいけない。
9. 問題冊子の余白は草稿用として使用してもよい。
10. 試験終了後退室の許可があるまでは、退室してはいけない。
11. 答案冊子および答案紙は持ち帰ってはならない。問題冊子は持ち帰ってもよい。

Ⅱ

化 学

- (1) 問題は、次のページから書かれていて、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴの5題ある。5題すべてに解答せよ。
- (2) 解答は、答案紙の所定の欄の中に書き入れよ。文字や記号はまぎらわしくないようにはっきりとていねいに記せ。
- (3) 原子量が必要なときは次の値を用いよ。

H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, P = 31, S = 32, Cl = 35.5,

Ar = 40, Cs = 133

化学 問題 I

問 1 空気には窒素，酸素，二酸化炭素，水蒸気，アルゴンが含まれている。空気中の上記 5 種類の気体成分それぞれの含有量を求めるため，以下の操作(1)，(2)からなる実験を行った。設問(1)～(5)に答えよ。なお，上記 5 種類以外の気体成分は無視できる。また，操作の間，容器内は全て 1 気圧に保たれており，気体の漏れや外部からの流入および気体成分同士の反応はなく，気体の移送に用いたチューブやガラス管の体積は無視できるものとする。

操作(1)：室温で一定量の空気を注射器 A に捕集した後，図 1 のような装置を組み立てた。ピストンをゆっくりと押して中の空気を ア の入ったガラス管①，イ の入ったガラス管②，および約 400 °C に熱した銅粉の入ったガラス管③の順に通過させ，注射器 B に移した。操作前後のガラス管①，②，③の重量の増加をそれぞれ測定したところ，28 mg，3.8 mg，および 1.4 g であった。

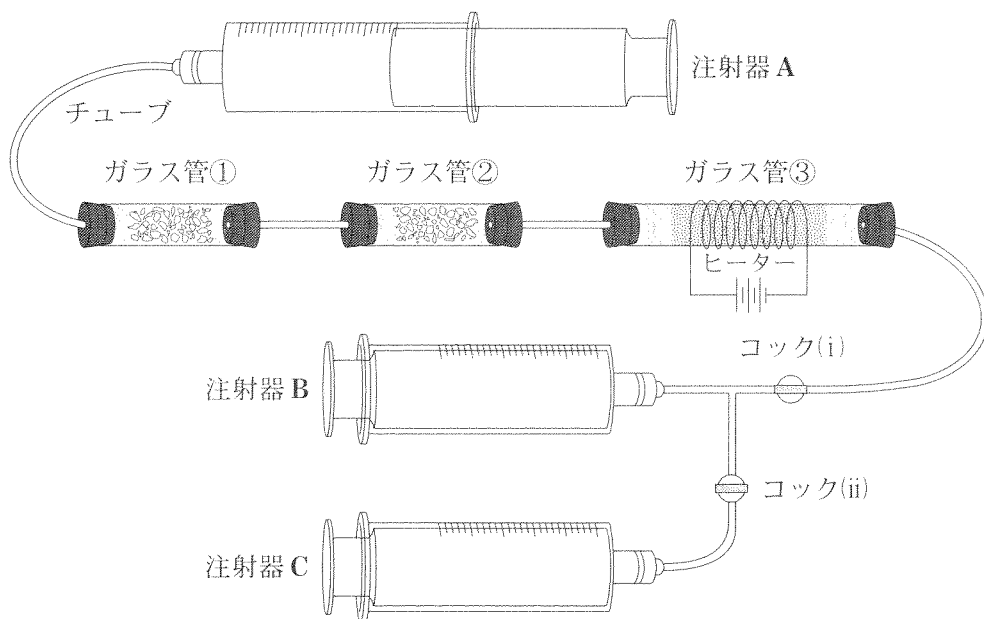


図 1

操作(2)：操作(1)の後、コック(i)を閉じてから図2のように注射器Bを冷却剤に浸して徐々に冷却したところ、Bの内部に少量の液体が生じ、その後その液体は固体となった。その時点でコック(ii)を開き、注射器Bに残った気体をCに押し出し、コック(ii)を閉じた。その後注射器B、Cを室温に戻し、捕集された気体の体積を測定した。注射器Cに捕集された気体の体積は、操作(1)の最初で注射器Aに捕集した空気の体積の約76%であった。

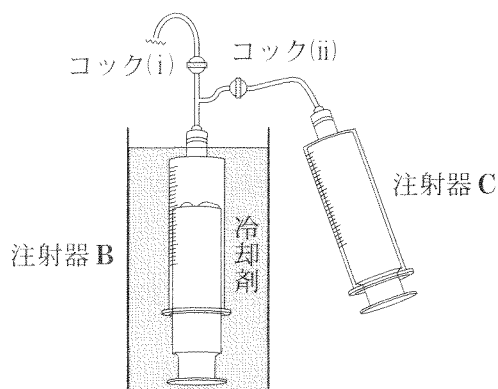


図2

設問(1)：文中の空欄 ア と イ にあてはまる最も適切な物質を以下の(a)～(e)からそれぞれ選び記号で答えよ。なお、これらの物質は全て粒状の固体である。

- (a) 活性炭 (b) 塩化カルシウム (c) ガラス (d) ポリエチレン
(e) ソーダ石灰(水酸化カルシウムを主成分とする塩基性混合物)

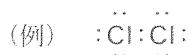
設問(2)：ガラス管①、②に充填する物質の順番を設問(1)の解答の逆にしてはいけない理由を句読点を含めて60字以内で説明せよ。

設問(3)：ガラス管③で吸収された気体は何か答えよ。

(次頁に続く)

設問(4)：操作(2)を終了した時点で注射器 **B**、**C** に捕集されている気体の主成分をそれぞれ答えよ。

設問(5)：窒素、二酸化炭素、水、アルゴンの電子式を以下の例にならってそれぞれ示せ。電子は黒点で明確に記すこと。



問 2 次の文章(1)～(5)のうち誤っているものが一つまたは二つある。誤っているものすべてを番号で答えよ。

- (1) 沸点の差を利用して、液体混合物をそれぞれの成分に分離する操作のことを蒸留という。
- (2) 融点の差を利用して、不純物を除いて純粋な結晶を得る操作を再結晶という。
- (3) 気体が直接固体になる性質を利用して、物質を分離する操作を昇華精製という。
- (4) 互いに溶け合わない2種類の溶媒に対する溶解度の差を利用して、混合物から特定の物質を分離する操作を抽出という。
- (5) ろ紙やシリカゲルに対する浸透圧の差を利用して、混合物の成分を分離する操作をクロマトグラフィーという。

問 3 一辺 10 cm の立方体の塩化セシウム CsCl 結晶中に含まれるセシウムイオン Cs^+ の個数を求めよ。 Cs^+ の半径を 0.18 nm、塩化物イオン Cl^- の半径を 0.16 nm、最も近い Cs^+ と Cl^- は接しているものとし、有効数字2桁で答えよ。必要ならば、 $\sqrt{2} = 1.4$ 、 $\sqrt{3} = 1.7$ を用いよ。

草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)

化学 問題Ⅱ

問 1 次の文章を読んで、設問(1)～(4)に答えよ。

火山の噴火口付近では、火山ガス中の硫化水素と二酸化硫黄が反応して、黄色①硫黄の単体ができることがある。硫黄の化合物である硫酸は、工業的には硫黄を燃焼させて二酸化硫黄 SO_2 を得た後、酸化バナジウム V_2O_5 を触媒に用いて $400\sim 600\text{ }^\circ\text{C}$ で酸化し、生じた三酸化硫黄 SO_3 を水と反応させてつくる。このような硫酸の工業的製法は 法とよばれ、反応は V_2O_5 の固体表面で進むため、 V_2O_5 は 触媒に分類される。 SO_2 を SO_3 へ触媒を用いて酸化する反応は、下記の熱化学方程式で表される。



この反応は可逆反応であるため、平衡状態での SO_3 の生成量を多くするには、 温・ 圧の条件にすることが望ましい。ただし、実際の SO_3 の製造では、化学平衡だけでなく反応速度も考えた反応条件が用いられる。

設問(1)：文中の空欄 ～ にあてはまる最も適切な語句を記せ。

設問(2)：下線①の反応を化学反応式で示せ。

設問(3)：二酸化硫黄により、カーネーションの花びらの色は赤色からピンク色におだやかに漂白されたが、この漂白された花びらを過酸化水素水に浸すと再び赤色になった。これらの色の変化は、二酸化硫黄と過酸化水素のそれぞれどのような作用によるものか、句読点を含めて60字以内で説明せよ。

設問(4)：一般に温度を高くすると、発熱反応と吸熱反応の速さはそれぞれどうなるか。以下の(a)～(c)からそれぞれ選び記号で答えよ。

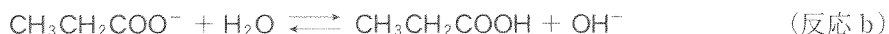
(a) 速くなる (b) 遅くなる (c) 変わらない

問 2 食品防腐剤として用いられているプロピオン酸に関する以下の文章を読んで、
設問(1)～(3)に答えよ。

プロピオン酸 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ は弱い酸であり、そのナトリウム塩であるプロ
ピオン酸ナトリウム $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONa}$ は、水に溶けて反応 a のように完全に電離
する。



この時生じたプロピオン酸イオン $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}^-$ は、水分子と反応して反応 b
のように $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ と水酸化物イオン OH^- を生じる。



ここで、反応 b の電離平衡の平衡定数 K は次式で表される。

$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}^-][\text{H}_2\text{O}]}$$

いま、濃度 c [mol/L] のプロピオン酸ナトリウム水溶液がある。 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}^-$
が水分子と反応する割合を h とすると、平衡に達した後の $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}^-$ 、
 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ 、 OH^- の濃度は c と h を用いてそれぞれ ア、イ、
ウ と表すことができる。ここで、水の濃度 $[\text{H}_2\text{O}]$ は他の物質の濃度より
も十分大きく一定とみなせるので、

$$K[\text{H}_2\text{O}] = \frac{\text{イ} \times \text{ウ}}{\text{ア}}$$

が得られる。ここで、 $h \ll 1$ であるので、 $1 - h \approx 1$ と近似できる。したがっ
て、 $K[\text{H}_2\text{O}]$ は c と h を用いて エ と表すことができる。

(次頁に続く)

また、 $K[\text{H}_2\text{O}]$ はプロピオン酸の電離定数 K_a [mol/L]と水のイオン積 K_w [mol²/L²]を用いて、

$$K[\text{H}_2\text{O}] = \boxed{\text{オ}}$$

と表すことができる。したがって、 h は c 、 K_a 、 K_w を用いて $\boxed{\text{カ}}$ と表すことができる。

設問(1)：文中の空欄 $\boxed{\text{ア}}$ ～ $\boxed{\text{カ}}$ にあてはまる最も適切な数式を記せ。

設問(2)：プロピオン酸ナトリウム水溶液の水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ を、 c 、 K_a 、 K_w を用いて記せ。

設問(3)：25℃でのプロピオン酸の K_a は 2.4×10^{-5} mol/Lである。0.060 mol/Lのプロピオン酸ナトリウム水溶液のpHを有効数字2桁で求めよ。
必要ならば、 $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ mol²/L²、 $\sqrt{2} = 1.4$ 、 $\log_{10} 2 = 0.30$ 、 $\log_{10} 3 = 0.48$ 、 $\log_{10} 5 = 0.70$ を用いよ。

草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)

化学 問題Ⅲ

問 1 海水に関する次の文章を読んで、設問(1)～(3)に答えよ。ただし、海水中の溶質は、すべて「加熱しても蒸発することのない^{えん}塩」で、海水中で完全に電離し、イオン間の相互作用は無視できるものとする。

地球上の水の大部分は海水として存在するため、我々が利用可能な淡水の割合は非常に低い。海水は、塩分濃度が高く飲料水には適さないが、半透膜を利用する^①淡水化によって、飲料水とすることができる。また、溶質の主成分の^①塩化ナトリウム^②は、種々の化合物の出発原料として重要であるため、海水は豊富な資源と言える。

設問(1)：ある海域から採取した海水の沸点上昇度を大気圧下で測定したところ、 0.520 K であった。この海水 1000 mL を温度 300 K で正確に量りとり、加熱して水を除き、完全に乾燥させると 36.0 g の^{えん}塩が得られた。この海水の温度 300 K でのイオンのモル濃度 $[\text{mol/L}]$ (すべてのイオンの濃度の総和)を求め、有効数字 3 桁で答えよ。この海水の温度 300 K での密度を 1.030 g/mL 、水のモル沸点上昇を $0.520\text{ K}\cdot\text{kg/mol}$ とする。導出過程も記すこと。

設問(2)：下線①に関連した実験を，大気圧下，温度 300 K で行った。設問(1)の海水 1000 mL を，水分子だけが通過できる半透膜で仕切られた U 字管の片側に入れ，反対側には純水を入れた(図 1)。次に，海水面に圧力を加えて水を半透膜を通して移動させたところ，海水と純水の容量が共に 700 mL になり，液面の高さが同じになった(図 2)。海水と純水の密度の差は無視できるものとして，液面の高さが同じ状態を維持するために海水面に加える圧力 [Pa] を有効数字 2 桁で求めよ。気体定数 R は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。

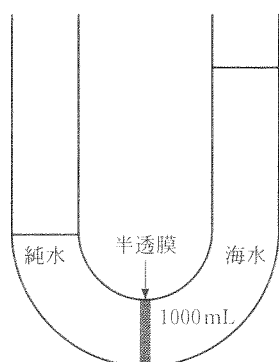


図 1

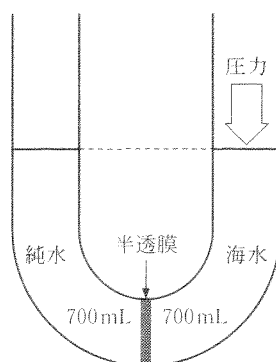


図 2

設問(3)：下線②の塩化ナトリウムに関する次の文章(ア)～(エ)のうち，下線部が誤っているものを二つ選び記号で記せ。また，正しい物質名をそれぞれ答えよ。

- (ア) 塩化ナトリウムを高温で融解させて，陽極に炭素，陰極に鉄を用いて，水の無い状態で熔融塩電解すると，陰極で塩素が生成する。
- (イ) 塩化ナトリウム飽和水溶液を，白金電極を用いて電気分解すると，陰極で水素が生成する。
- (ウ) 塩化ナトリウム飽和水溶液にアンモニアを十分に吸収させてから二酸化炭素を吹き込むと，炭酸ナトリウムが沈殿する。
- (エ) 塩化ナトリウムに濃硫酸を加え加熱すると，塩化水素が生成する。

(次頁に続く)

問 2 A, B, C, D, E, F, G の 7 種類の細かい粉末がある。これらは、以下の
(ア)～(キ)の化合物のうちのどれかである。

(ア) AgCl	(イ) Al_2O_3	(ウ) CaCO_3	(エ) CuSO_4
(オ) FeCl_3	(カ) NaCl	(キ) NaHCO_3	

以下の文章を読んで、A～G に対応する最も適切な化合物を(ア)～(キ)から選び、
記号を解答欄に記せ。

A～G の粉末をそれぞれ 0.1 g ずつ試験管に取り、以下の実験(1)～(4)のように
水または酸、塩基の水溶液を十分な量(10 mL 程度)加えて、それぞれの粉末が溶
けるか溶けないかを調べた。なお、溶けるか溶けないかの判断は、水や溶液を加
えた後、変化がなくなるまで待ってから行った。

実験(1)：A～G の粉末に水を加えたところ、A, B, C, G は容易に溶けたが、残
りは、ほとんど溶けなかった。なお、A, G の水溶液には色がついてい
た。

実験(2)：A～G の粉末に 2 mol/L の希塩酸を加えたところ、D 以外はすべて溶け
た。なお、C, E は、溶けるときに気体が発生した。

実験(3)：A～G の粉末に 2 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を加えたところ、
B, C, F は溶けたが、残りは溶けないか、反応によって沈殿を生じ
た。

実験(4)：実験(3)で溶けずに残った粉末や、生じた沈殿を分離し、これらを別の試
験管に移して、2 mol/L のアンモニア水を加えたところ、D, G は溶け
たが、残りは溶けなかった。

草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)

化学 問題Ⅳ

次の文章を読んで、設問(1)～(4)に答えよ。

ファラデーによるベンゼンの発見から 190 年、ケクレによる構造の提案から 150 年、ベンゼンおよびベンゼン環をもつ芳香族炭化水素は、その安定性と多彩な機能から様々な医薬品、有機エレクトロニクスなどの原材料として活躍している。たとえば、ベンゼン環を含む化合物 **A** は主にポリスチレンの原料として使用されており、年間国内生産量は約 300 万トンである。

化合物 **A** をオゾンで分解すると、銀鏡反応を示す 2 種類の化合物 **B** および化合物 **C** が生成する。化合物 **B** は酸化されると化合物 **D** となる。化合物 **D** はトルエンを ア 水溶液と反応させて酸性にしても得ることができる。また、化合物 **C** を ア 水溶液で酸化すると、飽和脂肪酸のなかで最も強い酸である イ が生じた後、さらに酸化されて水と ウ に分解する。さらに化合物 **A** を塩化パラジウムと塩化銅の水溶液を触媒として酸化すると、分子式 $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}$ で示される化合物 **E** が得られる。化合物 **E** に水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を作用させた後、酸性にすると、化合物 **D** と黄色い化合物 **F** が生成する。

一方、化合物 **A** に *p*-ジビニルベンゼンを加えて共重合させると、立体網目状の高分子化合物ができる。その高分子化合物を濃硫酸で処理すると、陽イオン交換樹脂 **G** が得られる。

設問(1)：文中の空欄 ア ～ ウ にあてはまる最も適切な物質の名称を答えよ。

設問(2)：化合物 **A** ～ **G** の構造式を図 1 または図 2 にならって記せ。

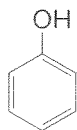


図 1

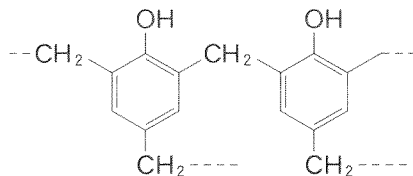


図 2

設問(3)：ベンゼンの性質について述べた以下の(a)～(d)のうち誤っているものが一つまたは二つある。誤っているものすべてを記号で答えよ。

- (a) ベンゼンを構成する炭素原子間の結合距離は、エタンやエチレンの炭素原子間の結合距離よりも長い。
- (b) ベンゼンの 6 個の炭素原子と、6 個の水素原子はすべて同一平面上にあり、隣あう二つの結合のなす角はすべて 120° である。
- (c) ベンゼンは水にほとんど溶けず、水より軽い。
- (d) ベンゼンに塩素と鉄粉を作用させると主として付加反応が進行する。

設問(4)：下線①の分子式で表される化合物には、化合物 **E** 以外にもベンゼン環をもつ多数の構造異性体が考えられる。それらのうち、ベンゼン環以外に不飽和結合をもたず、銀鏡反応を示さない一置換ベンゼンの構造式を記せ。なお、一置換ベンゼンとはベンゼン環の水素原子の一つが別の基で置換された化合物である。

化学 問題V

次の文章を読んで、設問(1)～(6)に答えよ。

生物が作る高分子化合物は、主に多糖、核酸、タンパク質の3種類である。たとえばセルロースは1種類の単糖のみが結合してできた多糖であり、結晶構造をつくりやすく、植物の細胞壁にもっとも豊富に含まれている。核酸にはデオキシリボ核酸(DNA)とリボ核酸(RNA)があり、遺伝情報の伝達や発現に深く関係している。核酸を構成する単量体にあたる構造を ア と呼ぶ。タンパク質は核酸の情報にもとづいて合成される高分子化合物で、アミノ酸が イ 結合してできている。天然のタンパク質を構成する主なアミノ酸は20種類であり、タンパク質を構成するアミノ酸の配列順序のことをタンパク質の ウ 構造という。さらに、多くのタンパク質は高次構造を形成することによって機能を発揮する。

設問(1)：文中の空欄 ア ～ ウ にあてはまる最も適切な語句を記せ。

設問(2)：濃硫酸と濃硝酸をセルロースに作用させると生じる高分子化合物の構造式を図1にならって記せ。ただし、糖はその立体構造がわかるように図2にならって記すこととし、水素原子を省略してはならない。

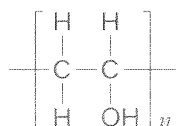


図1

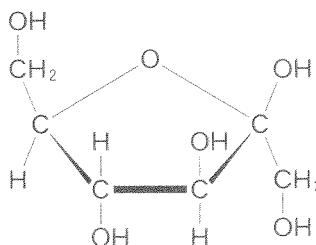


図2

設問(3)：純粋な DNA の元素分析を行ったところ、表 1 に示す結果が得られた。ただし、この DNA は構成する 4 種類の単量体を同じ割合で含んでいる。表 1 の空欄

エ

、

オ

 にあてはまる最も適切な元素名を記せ。

表 1

成分元素	元素組成(原子数の百分率)
水素	38
炭素	30
酸素	18
工	11
才	3

設問(4)：あるタンパク質の一部を切り出して、3 分子のアミノ酸が縮合した化合物 **A** を得た。その配列順序はアラニン、リシン、グリシンであった。ただし、アラニンのアミノ基とリシンの側鎖(置換基)のアミノ基は結合に関与していなかった。各アミノ酸の側鎖の構造を表 2 に示す。化合物 **A** の構造式を図 3 にならって記し、不斉炭素原子に*印を付けよ。

表 2

アミノ酸の名称	側鎖(置換基)の構造式
アラニン	$-\text{CH}_3$
リシン	$-(\text{CH}_2)_4-\text{NH}_2$
グリシン	$-\text{H}$

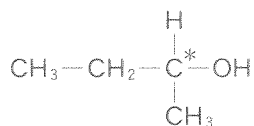


図 3

(次頁に続く)

設問(5)：L 型のアラニン，L 型のリシン，およびグリシンを アミノ基とカルボキシ基の間で縮合してこれらを1分子ずつ含む化合物を合成する場合，何種類の化合物が生成する可能性があるか答えよ。ただし，リシンの側鎖のアミノ基も縮合に関与でき，化合物には縮合に関与していない2個のアミノ基が存在するものとする。

設問(6)：白色の羊毛を用いて次の実験(a)，(b)を行った。ただし羊毛のタンパク質を構成する主なアミノ酸は表 3 の通りである。

実験(a)：試験管内に羊毛を入れ，濃硝酸を加えて加熱した。

実験(b)：試験管内に羊毛を入れ，濃い水酸化ナトリウム水溶液を加えて繊維が十分に切断されるまで加熱した。これを酢酸で中和したのち酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えた。

実験(a)，(b)の結果，それぞれの試験管内ではどのような色の変化が見られたか答えよ。また，それぞれの変化に関与するアミノ酸の名称を表 3 から選んで記せ。

表 3

アミノ酸の名称	側鎖(置換基)の構造式
グリシン	—H
チロシン	—CH ₂ — 
セリン	—CH ₂ —OH
システイン	—CH ₂ —SH