

平成 31 年度入学試験問題

理 科

注 意 事 項

- 1 この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはならない。
- 2 問題冊子は、全部で 55 ページある。(落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合は申し出ること。)

問題冊子の中に下書き用紙が 1 枚入っている。

物	理	1 ~ 14 ページ,	化	学	15 ~ 33 ページ
生	物	34 ~ 45 ページ,	地	学	46 ~ 55 ページ

- 3 解答用紙は、問題冊子とは別になっている。解答は、すべて解答用紙の指定された箇所に記入すること。
- 4 受験番号は、各解答用紙の指定された 2 箇所に必ず記入すること。
- 5 解答時間は、次のとおりである。
 - (1) 教育学部および工学部の受験者は、90 分。
 - (2) 理学部および農学部の受験者は、次のとおりである。
 - ① 理科 1 科目の受験者は、90 分。
 - ② 理科 2 科目の受験者は、180 分。
 - (3) 医学部および歯学部の受験者は、180 分。
- 6 問題冊子および下書き用紙は、持ち帰ること。

化学

注意

必要があれば、原子量は次の値を使うこと。

H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0

1 I 次の文章を読んで、問1～問3に答えよ。

元素を原子番号の順にならべると性質のよく似た元素が周期的に現れる。この周期的な規則性を元素の (1) という。元素に (1) が存在するのは、原子番号の増加にともない、原子の (2) の数が周期的に変化するためである。

元素を原子番号の順に並べ、性質の似た元素を縦の同じ列に並べた表を元素の周期表という。周期表の横の行を周期、縦の列を族という。元素の周期表で1族、2族および (ア) 族から (イ) 族の元素を (3) 元素といい、(4) 元素と (5) 元素に大別される。一方、周期表で (ウ) 族から (エ) 族の元素を遷移元素といい、これらはすべて (4) 元素である。遷移元素では、(3) 元素ほど同族元素に類似性が顕著ではなく、同一周期でとなりどうしの元素が比較的似た性質を示す。

問1 空欄 (1) ~ (5) にあてはまる最も適切な語を書け。

問2 空欄 (ア) ~ (エ) にあてはまる最も適切な数字を書け。

問3 下線部(a)について、その理由を説明せよ。

II 次の文章を読んで、問4～問8に答えよ。

第4周期、第5周期および第6周期の元素のうち、2族、11族および12族に属する9種類の中から3種類の元素を選んだ。選んだ元素の硝酸塩を用いてそれぞれの濃度が0.1 mol/Lの水溶液を作り、これら3種類の溶液を等量ずつ混合した。これらの元素のイオンA、BおよびCを含む混合水溶液は無色透明であった。この水溶液に塩酸を加えたところ、白色沈殿が生じた。これをろ過して沈殿を完全に取除いた後、ろ液にアンモニア水を滴下したところ白色沈殿が生じたが、さらにアンモニア水を加え続けると再び無色透明な水溶液となった。この水溶液に硫化水素ガスを吹き込んだところ白色沈殿が生じた。一方、塩酸を加えたときに生じた白色沈殿をアンモニア水に加えたところ完全に溶け、無色透明な水溶液となった。

イオンA、BおよびCのうち、Aのみを含む水溶液、Bのみを含む水溶液およびCのみを含む水溶液にそれぞれ水酸化ナトリウム水溶液を滴下したところ、Aのみを含む水溶液は白色沈殿を生じたが過剰に加えると無色透明な水溶液となった。Bのみを含む水溶液は褐色沈殿が生じ、過剰に加えても沈殿はそのままであった。Cのみを含む水溶液は変化がなかった。

ここで行った実験だけではイオンCが何であるか知ることはできない。

問4 AおよびBのイオン式を書け。

問5 下線部(b)について、生じた沈殿の化学式を書け。

問6 下線部(c)について、どのような反応が起こったか、イオン反応式を用いて説明せよ。

問7 イオンCを知るための実験方法を簡単に説明せよ。また、実験結果と予想されるイオンとの関係を説明せよ。

問 8 下線部(d)の沈殿をよく乾かし、4.64 g を量りとり、完全に熱分解したところ、0.0100 mol の気体が発生した。イオン B の単体のモル質量を求めよ。ただし、有効数字は 3 桁とする。計算の過程も示せ。

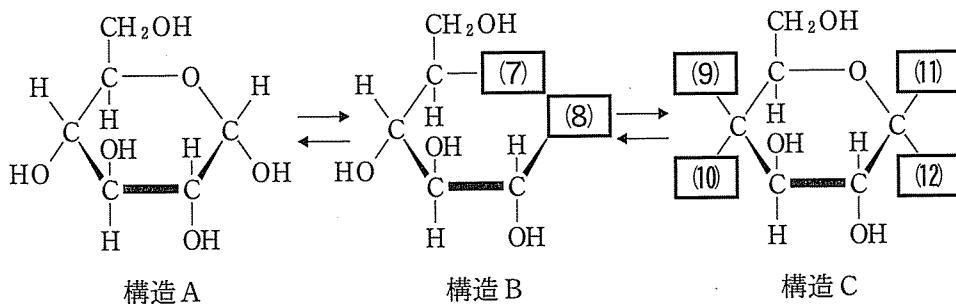
（以下、非常に薄い文字で印刷された文章が続く）

2 I 次の文章を読んで、問1～問5に答えよ。

アミノ酸どうしが脱水縮合して生じる化合物はペプチドと総称される。このとき生じた結合は特にペプチド結合とよばれ、その構造は (ア) で表される。アミノ酸2分子が脱水縮合して結合した分子をジペプチド、3分子が結合した分子をトリペプチド、多数のアミノ酸が結合したものをポリペプチドという。

タンパク質はポリペプチド構造をもつ高分子化合物である。タンパク質の多くは、水素結合、 $-\text{COO}^-$ と $-\text{NH}_3^+$ による (1) 結合、 (イ) で表されるジスルフィド結合などにより分子全体が複雑な立体構造をつくる。

結晶中のグルコースは、下図に示した構造A、構造Cの2種類の六員環構造をとる。また、水溶液中では少量の分子が構造Bの (2) 状構造をとり、これら3種類の異性体が平衡状態にある。構造Aを (3) -グルコースといい、^(a)構造Cを (4) -グルコースという。アミロースは (3) -グルコースが縮合してできた多糖であり、セルロースは (4) -グルコースが縮合してできた多糖である。グルコースどうしが脱水縮合した構造を特に (5) 結合という。アミロースはらせん構造をとるのに対し、セルロースはらせん構造ではなく、 (6) 状構造をとる。



問 1 空欄 および にあてはまる最も適切な結合を次の(A)~(E)から選び、記号で答えよ。なお、(A)~(E)の結合の両端には炭素原子が存在する。

- (A) —O— (B) —N=N— (C) —COO—
(D) —CO—NH— (E) —S—S—

問 2 空欄 ~ にあてはまる最も適切な語または記号を書け。

問 3 下線部(a)について、図中の構造Bと構造Cの空欄 ~ にあてはまる最も適切な原子または原子団の化学式を書け。

問 4 天然有機化合物の分子内や他の分子との間に形成される水素結合に関する記述として、次の(A)~(E)のうち正しいものをすべて選び、記号を書け。

- (A) アミロースは水素結合によってらせん構造をとる。
(B) セルロースは水素結合により水によく溶ける。
(C) スクロースは水素結合により水によく溶ける。
(D) タンパク質の一次構造に水素結合が寄与する。
(E) DNA は水素結合により二重らせん構造をとる。

問 5 2 種類のペプチド D と E を分析して次の(i)~(iv)の結果が得られた。下の(1)~(3)に答えよ。なお、ペプチド D と E のうち一方は 2 種類の異なるアミノ酸から構成されるジペプチドであり、他方は 3 種類の異なるアミノ酸から構成されるトリペプチドである。ペプチド D と E を構成する合計 5 つのアミノ酸はすべて異なる。それらは、グリシン、アラニン、グルタミン酸、システイン、フェニルアラニンである。

- (i) ペプチド D のみ、ビウレット反応を示した。
- (ii) ペプチド E のみ、キサントプロテイン反応を示した。
- (iii) ペプチド D の水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱した後、酢酸鉛(II)水溶液を加えると黒色沈殿を生じた。
- (iv) ペプチド E を酵素でアミノ酸まで加水分解し、得られたアミノ酸の等電点を調べたところ、そのうちの一つのアミノ酸の等電点が 3.2 であった。

(1) (i)の結果より、ペプチド D を構成するアミノ酸の数あるいは種類が分かる場合には、アミノ酸の数あるいはそのアミノ酸の名称を書き、その理由を説明せよ。アミノ酸の数も種類も分からない場合には×を書き、その理由を説明せよ。

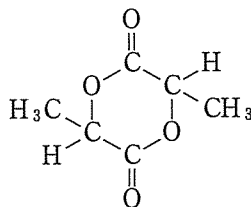
(2) (ii)の結果より、ペプチド E を構成するアミノ酸の数あるいは種類が分かる場合には、アミノ酸の数あるいはそのアミノ酸の名称を書き、その理由を説明せよ。アミノ酸の数も種類も分からない場合には×を書き、その理由を説明せよ。

(3) ペプチド D を構成するアミノ酸の名称をすべて書け。

2 Ⅱは次ページ

II 次の文章を読んで、問6～問9に答えよ。

合成高分子は低分子の単量体を重合させて合成される。たとえば、ポリメタクリル酸メチルは、単量体のメタクリル酸メチルを 重合させて合成される。ナイロン66はアジピン酸と を縮合重合させて合成される。ナイロン6は単量体の を 重合させて合成される。下図に示す化合物Fを 重合させると、直鎖状のポリエステルである が得られる。また、2-メチル-1,3-ブタジエンを 重合させると合成ゴムの一種である ゴムが得られる。この合成ゴムの繰り返し単位には 個の二重結合が含まれる。合成ゴムには縮合重合で合成されるものもある。



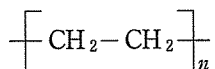
化合物F

問6 空欄 ～ にあてはまる最も適切な語または数字を書け。

問7 単量体 の分子式を書け。

問8 ポリエステル の分子構造を例にならって書け。

(例)



問 9 次の(1)および(2)にあてはまる最も適切な合成ゴムを下の(A)~(E)から選び、記号を書け。

(1) 縮合重合で得られる合成ゴム，一つ。

(2) 天然ゴム(生ゴム)と同様に，長時間空気にさらされると徐々に弾性を失って劣化する合成ゴム，二つ。

(A) クロロプレングム

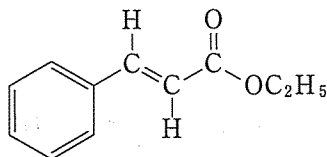
(B) シリコーンゴム

(D) ブタジエンゴム

(E) フッ素ゴム

3 [注意] 構造式は次の(例)にならって簡略に示せ。

(例)



I 次の文章を読んで、問1～問7に答えよ。

分子式 $C_xH_yO_z$ で表される化合物 A の元素分析を行った。53.0 mg の A を完全燃焼させ、生じた気体を (ア) 管に通し、続いて通過した気体を (イ) 管に通したところ、(ア) 管の質量が 27.0 mg、(イ) 管の質量が 154.0 mg 増加した。

化合物 A を水酸化ナトリウム水溶液中で加熱して反応を進行させた後、室温まで冷却し、希硫酸を加えて酸性にしたところ、分子式 $C_xH_y+2O_z$ で表される化合物 B と分子式 $C_xH_yO_z+1$ で表される化合物 C が得られた。得られた B と C の物質量は等しく、それぞれ反応で消失した A の物質量の半分であった。C は、トルエンを過マンガン酸カリウム水溶液で酸化することで生じる水溶性化合物 (b) の水溶液に、希硫酸を加えて酸性にすることも得られる。

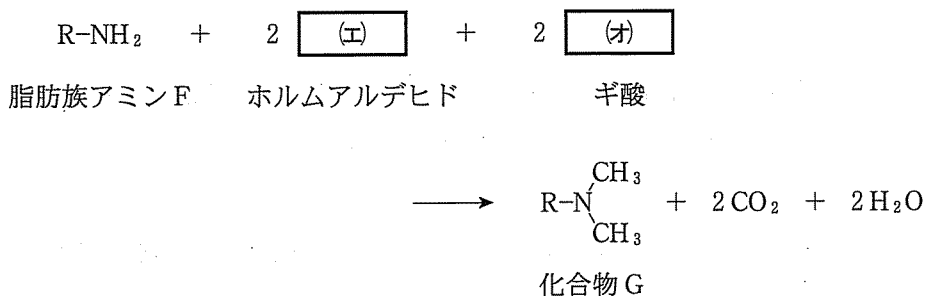
化合物 B と化合物 C を等量ずつトルエンに溶かし、触媒として少量の硫酸を加えて加熱したところ、B と C の間で反応が進行し、化合物 D と (ウ) が生成した。

化合物 A と 1,2-エタンジオール(エチレングリコール) をベンゼンに溶かし、(c) 触媒として少量の硫酸を加えて加熱したところ、ビニロンの合成反応と同様のアセタール化が進行し、化合物 E が得られた。1,2-エタンジオールは、 C_2H_4O の (d) 分子式をもつ化合物を水と反応させることにより工業的に合成されている。

- 問 1 空欄 (ア) ~ (ウ) にあてはまる最も適切な物質名を書け。
- 問 2 生じた気体を下線部(a)の順番に通す理由を簡潔に答えよ。
- 問 3 化合物 A の組成式を求めよ。求める過程も示せ。
- 問 4 化合物 B~D の構造式を書け。
- 問 5 下線部(b)の化合物は、1分子のトルエンと2分子の過マンガン酸カリウムの反応で生成する。この反応の化学反応式を書け。
- 問 6 化合物 A と化合物 E の構造式を用いて下線部(c)の化学反応式を書け。ただし、溶媒のベンゼンと触媒の硫酸は書かなくてよい。
- 問 7 下線部(d)の化合物には構造異性体がある。この化合物を含めて、全ての構造異性体を構造式で書け。

II 次の文章を読んで、問 8～問 10 に答えよ。

ギ酸は還元性をもつ。この性質を利用すると、1分子の脂肪族アミン F、2分子のホルムアルデヒド、2分子のギ酸の反応により、1分子の化合物 G を合成できる。この反応は次の化学反応式で示される。なお、R は鎖式炭化水素基を意味する。



0.010 mol の化合物 G を合成する実験を行った。天秤を用いて 0.010 mol の脂肪族アミン F を質量で量りとった。37% ホルムアルデヒド水溶液を使用し、0.020 mol のホルムアルデヒドを含む水溶液を体積で量りとった。純粋なギ酸を使用し、0.040 mol を体積で量りとった。混合して反応を進行させた後、過剰なギ酸を抽出操作により取り除いて G を得た。

問 8 空欄 $\boxed{\text{(エ)}}$ および $\boxed{\text{(オ)}}$ にあてはまる最も適切な化合物の構造式を書け。

問 9 ギ酸はカルボン酸であり、分子間力により二量体を形成する。二量体の形を、構造式を用いて書け。なお、分子間力を破線で表せ。

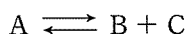
問 10 下線部(e)の実験で用いた 37% ホルムアルデヒド水溶液と純粋なギ酸、それぞれの体積を mL 単位で求めよ。なお、有効数字は 2 桁とする。計算の過程も示せ。ただし、37% ホルムアルデヒド水溶液の密度を 1.09 g/mL、純粋なギ酸の密度を 1.22 g/mL とする。

Faint, illegible text covering the majority of the page, likely bleed-through from the reverse side.

4 は次ページ

- 4 I 次の文章を読んで、問1～問3に答えよ。ただし、すべての気体は理想気体とする。

n_A [mol]の気体Aのみを容積 V [L]の密閉容器に入れ、温度 T [K]に保つと、次の可逆反応により気体Aが分解して気体Bと気体Cが生成し、化学平衡の状態に達した。



このとき、容器内の全圧は P [Pa]であった。

問1 平衡状態にある混合気体中のA, B, Cのモル濃度[mol/L]をそれぞれ $[A]$, $[B]$, $[C]$ として、この反応の平衡定数 K を $[A]$, $[B]$, $[C]$ を用いて書け。単位も示せ。

問2 n_A , V , T , P , R を用いて、平衡状態での気体Bの物質量を表す式を書け。ただし、 R は気体定数[Pa·L/(K·mol)]である。

問 3 平衡状態にある混合気体に次の操作(i), (ii), または(iii)を行った。

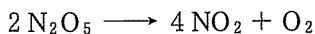
- (i) 温度を一定に保ちながら、容器の容積を 2 倍にした。
- (ii) 温度と容器の体積を一定に保ちながら、気体 C を加えた。
- (iii) 温度と容器の体積を一定に保ちながら、気体 D を加えた。気体 D は気体 A, B, C のいずれとも反応しない気体である。

操作(i), (ii), (iii)のそれぞれの場合について、気体 A の物質量がどのように変化するか、次の(A)~(C)から選び、記号で答えよ。また、その理由を説明せよ。

- (A) 増加する (B) 減少する (C) 変化しない

II 次の文章を読んで、問4および問5に答えよ。

五酸化二窒素 N_2O_5 が分解して、二酸化窒素 NO_2 と酸素 O_2 が生成する化学反応の反応式は、次のように表される。



この反応を 45°C で進行させたとき、 N_2O_5 の濃度を10分ごとに求めた。表1は、その結果を整理したものである。

表1

時間 [min]	N_2O_5 の濃度 [mol/L]	N_2O_5 の平均の濃度 [mol/L]	平均の反応速度 [mol/(L·min)]
0	3.50×10^{-2}	3.04×10^{-2}	9.20×10^{-4}
10	2.58×10^{-2}		6.80×10^{-4}
20	1.90×10^{-2}	1.65×10^{-2}	5.00×10^{-4}
30	1.40×10^{-2}		

問4 N_2O_5 の分解反応の 45°C における反応速度定数 k を求めよ。単位も示せ。ただし、有効数字は2桁とする。

問5 45°C において N_2O_5 の平均の濃度が 2.50×10^{-2} mol/L のとき、この反応により発生した NO_2 の生成速度を mol/(L·min) 単位で求めよ。ただし、有効数字は2桁とする。

Ⅲ 表2は、種々の物質1 molあたりの25℃、 1.01×10^5 Paにおける燃焼熱である。問6に答えよ。なお、生じる水は液体とし、すべての気体は理想気体とする。

表2

物質	燃焼熱[kJ/mol]
メタノール(液)	726
エタノール(液)	1370
飽和炭化水素 E(液)	3510

問6 飽和炭化水素 E の x [mol] とメタノール 1.50×10^{-3} mol とエタノール 3.00×10^{-3} mol からなる液体混合物 F がある。次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) 混合物 F を完全燃焼させたところ、10.464 kJ の熱量を放出した。混合物 F 中の飽和炭化水素 E の物質量 x [mol] を求めよ。ただし、有効数字は3桁とする。計算の過程も示せ。
- (2) 混合物 F をすべて蒸発させ、得られた混合気体の平均分子量(見かけの分子量)を求めたところ、49であった。飽和炭化水素 E の分子式を求めよ。求める過程も示せ。