

平成 27 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 (水) (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、63 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 16 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 4 枚、地学 4 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いけない。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, I = 127

## 化学 問題 I

問 1 窒素の水への溶解に関する以下の文章を読んで、設問(1)~(3)に答えよ。ただし、蒸発にともなう水(液体)の体積減少は無視せよ。また、水蒸気と窒素は理想気体とする。

ある温度  $T_1$  [K] において、水 10 L と窒素  $x$  [mol] を容積 11 L の密閉容器に入れて放置したところ、一部の窒素は水に溶解し容器内は平衡状態に達した。このときの気体の全圧は  $P$  [Pa]、溶解した窒素の物質量は  $y$  [mol] であった。

設問(1) :  $T_1$  [K] における飽和水蒸気圧が  $P_{\text{H}_2\text{O}}$  [Pa] であるとき、この容器内に気体として存在する窒素についての状態方程式を、 $x$  [mol]、 $y$  [mol]、気体定数  $R$  [Pa·L/(K·mol)] を用いて記せ。

設問(2) : ヘンリーの法則が成立しているとき、以下の  内にあてはまる数値を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、 $T_1$  [K] において  $1.0 \times 10^5$  Pa の窒素は、水 1.0 L に  $4.5 \times 10^{-4}$  mol 溶解する。

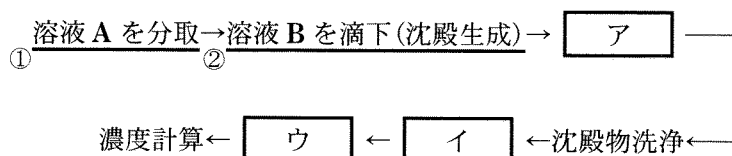
$$y = (P - P_{\text{H}_2\text{O}}) \times \text{$$

設問(3) : 最初に容器に入れた窒素の物質量  $x = 1.0 \times 10^{-1}$  mol、温度  $T_1 = 330$  K であるとき、溶解した窒素の物質量  $y$  [mol] を有効数字 1 桁で求めよ。

ただし、気体定数  $R$  は  $8.3 \times 10^3$  Pa·L/(K·mol) であり、窒素の溶解によって飽和水蒸気圧は影響を受けないものとする。

問 2 硫酸ナトリウム水溶液(溶液 A)のモル濃度[mol/L]を、ある無機化合物の水溶液(溶液 B)を滴下することによる沈殿生成によって、できるだけ正確に測定したい。以下の設問(1)~(4)に答えよ。

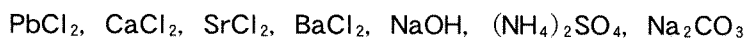
濃度測定は、以下の手順で行った。  ~  は実験操作を示す。



設問(1):  ~  にあてはまる操作を、次の(a)~(h)の中から選び記号で答えよ。

- (a) 蒸留      (b) 融解      (c) 乾燥      (d) 昇華  
 (e) 粉碎      (f) ろ過      (g) 混合      (h) 質量測定

設問(2): 表 1 の溶解度積を参考にして、次に示した化合物の水溶液の中から沈殿生成に最も適したものを選び、硫酸ナトリウム水溶液との反応を化学反応式で記せ。



設問(3): 下線①の操作を厳密に行うために最適な器具を、次の(a)~(h)の中から一つ選び記号で答えよ。

- (a) ろうと      (b) ビーカー      (c) メスシリンダー  
 (d) 上皿てんびん      (e) 電子てんびん      (f) 試験管  
 (g) ホールピペット      (h) こまごめピペット

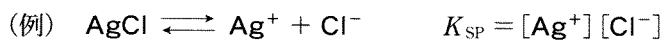
(次頁に続く)

設問(4)：下線②において，滴下する液量について注意する点を，句読点を含めて  
25字以内で述べよ。

表1 無機化合物の溶解度積( $K_{SP}$ )

化合物	$K_{SP}[(\text{mol/L})^3]$	化合物	$K_{SP}[(\text{mol/L})^2]$	化合物	$K_{SP}[(\text{mol/L})^2]$
<b>Pb(OH)<sub>2</sub></b>	$8.0 \times 10^{-17}$	<b>PbSO<sub>4</sub></b>	$7.2 \times 10^{-8}$	<b>PbCO<sub>3</sub></b>	$3.3 \times 10^{-13}$
<b>Ca(OH)<sub>2</sub></b>	$5.5 \times 10^{-6}$	<b>CaSO<sub>4</sub></b>	$1.2 \times 10^{-6}$	<b>CaCO<sub>3</sub></b>	$4.8 \times 10^{-9}$
<b>Sr(OH)<sub>2</sub></b>	$3.2 \times 10^{-4}$	<b>SrSO<sub>4</sub></b>	$3.2 \times 10^{-7}$	<b>SrCO<sub>3</sub></b>	$1.1 \times 10^{-10}$
<b>Ba(OH)<sub>2</sub></b>	$5.0 \times 10^{-3}$	<b>BaSO<sub>4</sub></b>	$2.0 \times 10^{-11}$	<b>BaCO<sub>3</sub></b>	$5.1 \times 10^{-9}$

溶解度積( $K_{SP}$ )は，難溶性塩の飽和溶液中における陽イオン濃度と陰イオン濃度の積である。



## 化学 問題Ⅱ

問 1 以下の文章を読み、設問(1)~(4)に答えよ。なお、二酸化窒素  $\text{NO}_2$  と四酸化二窒素  $\text{N}_2\text{O}_4$  の生成熱は、それぞれ  $-33.2 \text{ kJ/mol}$  と  $-9.2 \text{ kJ/mol}$  である。また、以下の文章中で扱われる  $\text{NO}_2$  と  $\text{N}_2\text{O}_4$  の混合気体には、空気の混入はないとする。

図 1 に示した実験装置を使い、銅片に濃硝酸を加えることにより二酸化窒素  $\text{NO}_2$  を発生させた。発生した  $\text{NO}_2$  は、 $2 \text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$  の反応により、その一部が四酸化二窒素  $\text{N}_2\text{O}_4$  に変化する。

次に、図 2 に示すように、この  $\text{NO}_2$  と  $\text{N}_2\text{O}_4$  の混合気体を注射器に吸入し、口をゴム栓でふさいで密閉した。そして、注射器内の混合気体が平衡に達するまで待った後、気体の温度が変化しないように注意しながら外から力を加えて注射器内の混合気体をもとの体積の半分までゆっくりと圧縮した。圧縮後、平衡に達するまで待ってから混合気体中の  $\text{NO}_2$  の割合を調べたところ、圧縮前と比べて混合気体中の  $\text{NO}_2$  の割合は  。

一方、別の注射器に同様に  $\text{NO}_2$  と  $\text{N}_2\text{O}_4$  の混合気体を密閉し、この混合気体が平衡に達した後に、外から力を加えることなく注射器を温めて混合気体の温度を上げたところ、混合気体中の  $\text{NO}_2$  の割合は、温度を上げる前と比べて  。

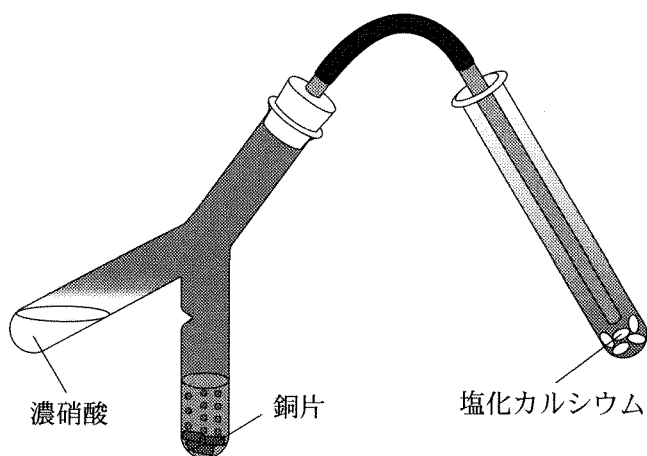


図 1

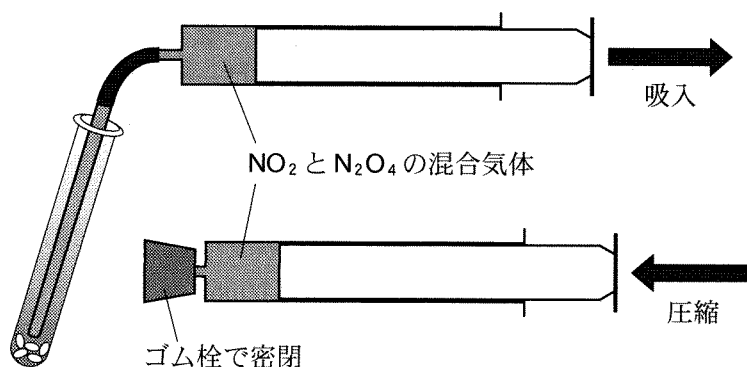


図 2

設問(1)：空欄  と  に適切な語句を以下の(a)~(c)から選び記号を記せ。同じ語句を二度選んでもよい。

- (a) 増加していた      (b) 減少していた      (c) 差がなかった

設問(2)：図 1 の気体の発生の実験で、試験管に入れた塩化カルシウムの役割を句読点を含めて 20 字以内で記せ。

設問(3)： $\text{NO}_2$  を発生させるために、銅片のかわりに用いるのに最も適した金属を以下の中から選び元素記号で記せ。

Al, Ag, Au, Fe, Ni, Pt

設問(4)：注射器内の混合気体が  $25^\circ\text{C}$  で平衡状態にあり、その混合気体中の  $\text{NO}_2$  のモル濃度が  $C$  [mol/L] である状態から、気体の温度が変化しないように注意しながら注射器内の気体の体積を半分まで圧縮した。 $25^\circ\text{C}$  における反応  $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$  の濃度平衡定数が  $K$  [(mol/L) $^{-1}$ ] であるとき、圧縮後の  $\text{NO}_2$  のモル濃度を  $K$  と  $C$  を使って記せ。なお、濃度平衡定数  $K$  は、混合気体の全圧が変わっても変化しないとする。

(次頁に続く)

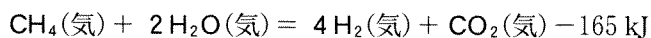
問 2 以下の文章中の空欄  ~  にあてはまる数値を，導出過程を記した上で整数で答えよ。なお，すべての反応は一定の温度で行われ，すべての物質は気体として存在することとする。また，必要なときは次の結合エネルギーの値を用いよ。ここで，( )には物質の種類を示す。

H-H(H<sub>2</sub>) 436 kJ/mol    C-H(CH<sub>4</sub>) 416 kJ/mol    O-H(H<sub>2</sub>O) 463 kJ/mol

O=O(O<sub>2</sub>) 498 kJ/mol    C=O(CO<sub>2</sub>) 804 kJ/mol

低温・高圧の条件下で生じるメタンハイドレートは，水分子がつくる網目状構造にメタン分子が取り込まれた氷状物質で，解凍もしくは減圧するとメタンと水に分離することができる。メタンハイドレート 478 g をはかりとり標準状態に放置したところ，すべてのメタンは気体となり，414 g の水が得られた。したがって，このメタンハイドレートは，メタンと水が  :  の物質量の比からなる物質であることが分かる。メタンハイドレートは，日本近海の海底面下にも多く存在していると推測されている。

メタンはニッケル触媒下，水蒸気と高温で反応させることにより，水素を生成する。この水素を生成する反応は，下記の熱化学方程式で表される。



前述のメタンハイドレート 478 g から取り出したメタンすべてを用いて上の反応式により水素を生成し，その水素を完全燃焼させたとき， kJ の熱量が発生した。ただし，水素を発生させる過程に必要な熱量を考慮すると，メタンからは  kJ の熱量が発生したことになる。



## 化学 問題Ⅲ

問 1 次の文章を読んで、設問(1)~(2)に答えよ。

厚さが約 1 mm の 7 種類の板状試料 **A**~**G** がある。これらの試料はいずれも純粋な単体あるいは化合物であり、ち密とみなしてよい。各試料の性質を調べた結果、以下のことがわかった。

- (a) **A**, **B**, **C**, **D** は電気をよく通し、その順序は、 $\mathbf{A > B > C > D}$  であった。一方、**E**, **F**, **G** はほとんど電気を通さなかった。
- (b) **A**, **B**, **C**, **F** を鉄製のハンマーで強くたたいたところ、**A**, **B**, **C** は壊れることなく変形し、特に **B** はたたくにつれてどんどん薄くなり最も薄く広がった。一方、**F** は変形することなく壊れた。
- (c) 密度は高い順に  $\mathbf{B > A > D > F > E > C > G}$  であった。
- (d) **C** の小片を希塩酸に投入したところ、水素ガスが発生した。
- (e) **E** は試料の中で最も硬く、また熱を伝えやすい。また、**D** は **A** よりも硬いことがわかった。
- (f) **A**, **B**, **C** の表面を **F** の角部を使ってひっかいたところ、**A**, **B**, **C** のいずれの表面にも傷がついた。
- (g) **A**, **B**, **D** に磁石を近づけたが、いずれも磁石につかなかった。
- (h) **D**, **F**, **G** をホットプレート上におき、130 °C 程度になるよう加熱したところ、**G** のみが明らかに軟化していた。

設問(1) : **A**~**G** に対応する最も適切な物質を下記からそれぞれ一つ選んで所定欄に記せ。なお、下記物質の中には **A**~**G** のいずれにも該当しない物質も含まれている。

ポリエチレン、アルミニウム、鉄、金、酸化アルミニウム、銅、  
ダイヤモンド、チタン

設問(2)：Aの結晶を構成する単位格子は立方体で、その各面の中心と各頂点に原子が位置している。

- 1) Aの結晶格子の名称を記せ。
- 2) 板状試料Aの体積を $V[\text{cm}^3]$ 、それを構成する原子の半径を $R[\text{cm}]$ とすると、板状試料を構成する原子の数 $N$ を、 $V$ と $R$ を用いて記せ。なお、原子は硬くて変形しない球であり、互いに接触し、規則正しく配列していると仮定する。

(次頁に続く)

問 2 次の文章(i)と(ii)を読んで、設問(1)~(3)に答えよ。

(i) 水酸化ナトリウムの固体を、湿った空气中に放置すると水分を吸収してその水に溶ける。この現象を **ア** という。水酸化ナトリウムの水溶液を、空气中に放置すると二酸化炭素と反応して **イ** を生じる。**イ** の水溶液を、さらに二酸化炭素と反応させると、ベーキングパウダー(ふくらし粉)や胃薬として利用されている **ウ** が得られる。

(ii) 水酸化ナトリウムは、塩化ナトリウム水溶液を電気分解することで製造できる。高純度の水酸化ナトリウムを得るためには、図1に示すように **エ** によって陽極側と陰極側を隔て、陽極側に塩化ナトリウムの飽和水溶液、陰極側には水を入れて電気分解する。**オ** が陰極側に移動するため、陰極側の溶液を濃縮すると、高純度の水酸化ナトリウムが得られる。ただし、陰極側の水に、電解質として少量の水酸化ナトリウムを溶解させたのち、電気分解を始めるものとする。

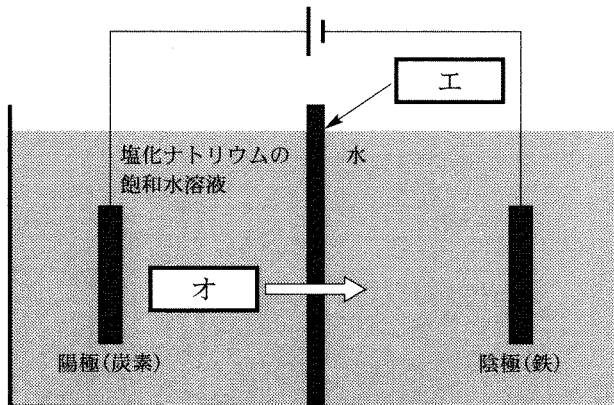


図1

設問(1)：文中の空欄 ア ~ オ にあてはまる最も適切な物質名や語句を記せ。

設問(2)：下線①の反応の化学反応式を記せ。

設問(3)：下線②の化学反応を、陽極と陰極に分けて、電子  $e^-$  を含むイオン反応式で記せ。

## 化学 問題Ⅳ

解熱鎮痛剤に関する次の文章を読んで、設問(1)～(6)に答えよ。

われわれの身の回りにはさまざまな有用な化学物質がある。代表的な解熱鎮痛剤である化合物 **A** は、解熱鎮痛作用をもつ化合物 **B** の副作用を軽減するため、化合物 **B** をアセチル化したものである。化合物 **B** は、ナトリウムフェノキシドと二酸化炭素を高温高圧下で反応させ、酸処理することによって得られる。

また、解熱鎮痛剤である化合物 **C** は、化合物 **D** をアセチル化することによって合成される弱酸性物質である。化合物 **D** は  $\alpha$ -ニトロフェノールをスズと塩酸により還元後、中和して得られる化合物である。

解熱鎮痛剤である化合物 **E** は 不斉炭素原子をもっており、ベンゼンの二つの水素原子をそれぞれ異なる置換基で置き換えたものである。この二つの置換基はパラ位に存在している。

一般に医薬品が鏡像異性体(光学異性体)をもつ場合、それぞれの鏡像異性体が異なる有効性と副作用を示す可能性がある。したがって、医薬品の開発では両方の鏡像異性体の性質を調べることが重要である。

設問(1)：化合物 **A** および **B** の構造式をそれぞれ記せ。

設問(2)：実際の化学反応では目的物以外に別の生成物が生じたり、目的物を精製するときの一部損失したりするため、得られる目的物の量は理論的に計算される量よりも少なくなる。このとき、反応式から計算される目的物の物質量 [mol] と実際に得られた目的物の物質量 [mol] との比率を収率という。すなわち、化合物 **A** の収率は次式によって計算できる。

$$\text{収率(\%)} = \frac{\text{実際に得られた化合物 A の物質量}}{\text{反応式から計算される化合物 A の物質量}} \times 100$$

下線①について、690 g の化合物 **B** を十分な量の無水酢酸と反応させたところ、720 g の化合物 **A** が得られた。このとき、化合物 **A** の収率を百分率で答えよ。有効数字は 2 桁とする。

設問(3)：下線②について、化合物 **D** を無水酢酸と反応させると化合物 **C** が生成する。この反応式を記せ。

設問(4)：下線③について、化合物 **E** のベンゼン環の二つの置換基のうち、一つは分枝構造(枝分かれ構造)をもつアルキル基  $C_4H_9-$  である。このアルキル基をもつアルコール  $C_4H_9OH$  を酸化して得られた化合物にアンモニア性硝酸銀水溶液を加え加熱すると器壁に銀が析出した。このアルコール  $C_4H_9OH$  の構造式を記せ。

設問(5)：下線③について、化合物 **E** は分子式  $C_{13}H_{18}O_2$  で表され、水に溶けにくいですが、水酸化ナトリウム水溶液には溶ける酸性物質である。図 1 にならって化合物 **E** の構造式を記し、不斉炭素原子に \* 印をつけよ。

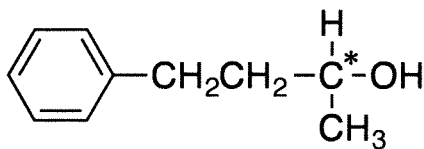


図 1

(次頁に続く)

設問(6)：下線④について，鏡像異性体に関する記述として適切なものを以下の(a)~(d)のうちから一つ選べ。

- (a) 不斉炭素原子を一つもつ化合物において，融点や沸点は二つの鏡像異性体間で異なる。
- (b) 不斉炭素原子を一つもつ化合物において，二つの鏡像異性体の密度は同じである。
- (c) すべての $\alpha$ -アミノ酸には鏡像異性体が存在し，天然には一方の鏡像異性体しか存在しない。
- (d) 不斉炭素原子を一つもつ化合物のにおいや味は，二つの鏡像異性体間でも同じであり，区別することはできない。

## 化学 問題 V

生体を構成する分子に関する次の文章を読んで、設問(1)～(5)に答えよ。

核酸は、炭素数 5 の糖とリン酸がエステル結合により鎖状となった高分子化合物であり、糖の部分には窒素原子を含む環状構造の塩基が共有結合している。核酸にはデオキシリボ核酸 (DNA) とリボ核酸 (RNA) の 2 種類がある。RNA 中に含まれる糖はリボースであり、DNA 中にはリボースのヒドロキシ基の一つが水素に置換されたデオキシリボースが含まれる。<sup>①</sup>DNA は、2 本の鎖状分子が重なりあった二重らせん構造をとっていることが、ワトソンとクリックによって 1953 年に発表された。この二重らせん構造は、2 本の DNA 鎖間において特定の塩基どうしが水素結合をつくることによって保たれている。<sup>②</sup>DNA の遺伝情報は塩基配列として RNA に伝達され、これにもとづいてタンパク質が合成される。

一方、油脂はグリセリンの三つのヒドロキシ基に脂肪酸がエステル結合した化合物である。<sup>③</sup>脂肪酸には、炭素原子間の結合が単結合のみの飽和脂肪酸と、炭素原子間の結合に二重結合を含む不飽和脂肪酸がある。油脂は、糖類やタンパク質とともに生物にとって重要なエネルギー源となる。

設問(1)：下線①について、デオキシリボースの五員環構造の一つを図 1 に示した。水溶液中に存在するデオキシリボースの鎖状構造ともう一つの五員環構造を記せ。

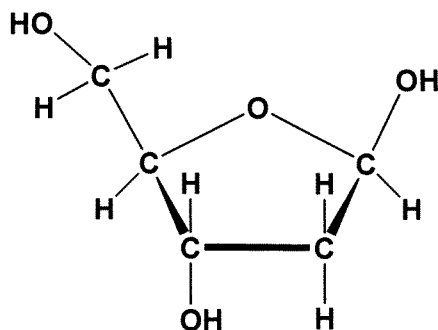


図 1



設問(2)：下線②について、DNA 中で水素結合を形成する 2 組の塩基を図 2 と図 3 に示した。図 3 の二つの塩基間で形成される水素結合を図 4 にならって記せ。

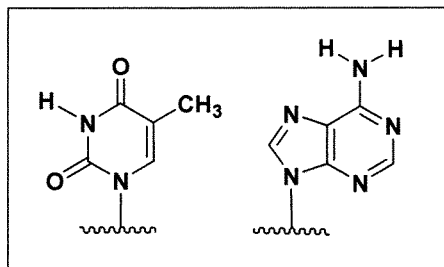


図 2

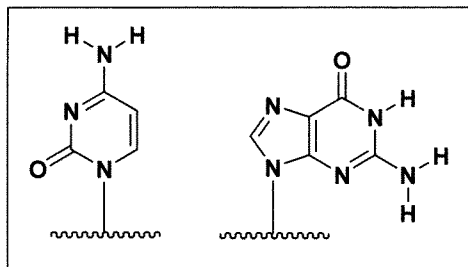


図 3

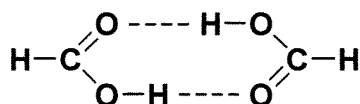


図 4

設問(3)：DNA 水溶液を加熱すると、2 本鎖がほどけて 1 本鎖となるが、図 2 に示した塩基の割合より、図 3 に示した塩基の割合が多い DNA ほど、1 本鎖にするためにより高い温度が必要である。この理由について句読点を含めて 20 字以内で説明せよ。

設問(4)：下線③に関連して、ある油脂 A は分子量 800 の単一の化合物であり、三重結合を含まない。また、8.0 g の A にヨウ素分子  $I_2$  を反応させたところ、7.6 g のヨウ素が消費された。一分子の A に含まれる二重結合の数を求めよ。導出過程も記すこと。

設問(5)：設問(4)の A を加水分解すると、炭素数が同じで分子量の異なる 3 種類の脂肪酸が生成した。2 番目に分子量が大きい脂肪酸の分子式を答えよ。また、この脂肪酸の構造式は何個ありうるか。構造異性体と幾何異性体を考慮して答えよ。なお、脂肪酸の炭化水素部分は分枝構造(枝分かれ構造)をもたないものとする。