

理 科

試験時間

1. 理学部, 医学部(医学科・保健学科検査技術科学専攻), 薬学部, 工学部は 120 分
2. 医学部(保健学科放射線技術科学専攻)は 60 分

	問 題	ページ
物理	□1 ~ □3	1 ~ 5
化学	□1 ~ □3	6 ~ 11
生物	□1 ~ □3	12 ~ 19
地学	□1 ~ □4	20 ~ 27

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで, この冊子を開いてはいけません。
2. あらかじめ届け出た科目の各解答紙の 2 箇所に受験番号を必ず記入しなさい。
なお, 解答紙には必要事項以外は記入してはいけません。
3. 解答は必ず解答紙の指定された場所に記入しなさい。
4. 試験開始後, この冊子又は解答紙に落丁・乱丁及び印刷の不鮮明な箇所があれば, 手を挙げて監督者に知らせなさい。
5. この冊子の白紙と余白部分は, 適宜下書きに使用してもかまいません。
6. 試験終了後, 解答紙は持ち帰ってはいけません。
7. 試験終了後, この冊子は持ち帰りなさい。

※この冊子の中に解答紙が挟み込んであります。

化 学

必要であれば以下の値を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16

気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

1 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

原子は、直径がおよそ $10^{\text{ア}}$ m の粒子である。原子の中心には正の電荷をもつ原子核が存在し、負の電荷をもつ電子がその周りを取り囲んでいる。原子核には、いくつかの正の電荷をもつ陽子や電荷をもたない イ が存在している。元素は、原子の種類を表す。同じ元素で イ の数が異なるために ウ の異なる原子を互いに同位体^{a)}という。いくつかの原子が結びついてできた粒子を分子^{b)}といい、分子量が1万を超えるような物質を高分子化合物^{c)}という。

(問 1) 文中の ア に入る適切な数値を、 イ 、 ウ に入る適切な語句をそれぞれ記せ。

(問 2) 下線部 a) について、以下の各問に答えよ。

(ア) 水素には、 ${}^1\text{H}$ 、 ${}^2\text{H}$ の 2 つ、酸素には、 ${}^{16}\text{O}$ 、 ${}^{17}\text{O}$ 、 ${}^{18}\text{O}$ の 3 つの安定同位体が存在する。異なる組み合わせの同位体からなる水分子は何種類存在するか。

(イ) ${}^2\text{H}$ は重水素と呼ばれ、D と表される。2 つの D と 1 つの ${}^{16}\text{O}$ のみからなる水 D_2O の密度を答えよ。ただし、 ${}^1\text{H}$ と ${}^{16}\text{O}$ からなる水 H_2O の密度は $1.0 \text{ g}/\text{cm}^3$ であり、D、 ${}^1\text{H}$ 、 ${}^{16}\text{O}$ の相対質量はそれぞれ、2.0、1.0、16 とする。また、同じ体積に含まれる分子の数は同じであるとする。

(ウ) D_2O のイオン積が、 $[\text{D}^+][\text{OD}^-] = 1.6 \times 10^{-15} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ であるとき、中性における重水素イオン指数 pD を求めよ。ただし、 $\log_{10}2 = 0.3$ とする。

(問 3) 下線部 b) について、以下の各問に答えよ。

(ア) 分子の極性は、物質の性質を特徴づける要因の一つである。分子の極性に関する以下の記述のうち、正しいものをすべて選び、その番号を答えよ。

- ① 塩化ナトリウム水溶液において、ナトリウムイオンは水分子の水素原子を引きつけて水和している。
- ② *m*-ジクロロベンゼンは無極性分子である。
- ③ グルコースはヘキサンに溶けにくい。
- ④ 二硫化炭素は無極性分子である。
- ⑤ ヨウ素は水に溶けにくいだが、ヨウ化カリウムと一緒に溶かすとよく溶ける。

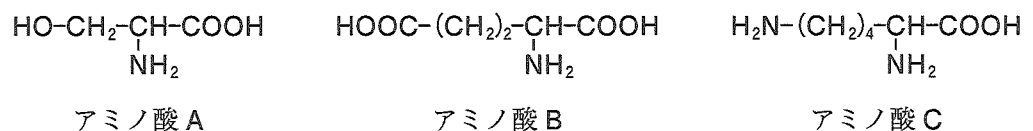
(イ) 分子などの粒子が規則正しく配列し、三次元の周期性がある固体を結晶という。分子結晶となる物質を以下の選択肢からすべて選び、その番号を答えよ。

- ① ダイヤモンド ② ヨウ素 ③ 二酸化炭素
- ④ 二酸化ケイ素 ⑤ ナトリウム ⑥ 塩化カリウム

(ウ) 構成粒子の配列に規則性や周期性のない固体の状態を何というか、その名称を答えよ。

(問 4) 下線部 c) の 1 つであるタンパク質を構成する α -アミノ酸について、以下の各問に答えよ。

(ア) 以下のアミノ酸 A、B、C について、等電点の正しい組み合わせを①～⑥の選択肢から選び、その番号を答えよ。



	アミノ酸 A	アミノ酸 B	アミノ酸 C
①	3.2	5.7	9.7
②	3.2	9.7	5.7
③	5.7	3.2	9.7
④	5.7	9.7	3.2
⑤	9.7	3.2	5.7
⑥	9.7	5.7	3.2

(イ) アラニン 2 分子とロイシン 2 分子が直鎖状に重合してできるテトラペプチドの分子量を求めよ。また、このテトラペプチドの構造異性体は何種類あると考えられるか、答えよ。ただし、アラニンとロイシンの分子量は、それぞれ 89、131 とする。また、アミノ酸およびテトラペプチドは、イオン化していないものとする。

2 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

私たちの生活の中で、最も多く使われている金属は鉄である。鉄の単体は、溶鉱炉(高炉)の上部から赤鉄鉱(主成分 Fe_2O_3)や磁鉄鉱(主成分 Fe_3O_4)^{a)}などを含む鉄鉱石、コークス、石灰石を入れ、溶鉱炉の下部から空気(熱風)を吹き込みながら製造される。2000℃ 近くの高温になった溶鉱炉内で、コークスと熱風中の **ア** が反応して生じた一酸化炭素^{b)}によって、鉄の酸化物が鉄に還元される。また、鉄鉱石中の不純物は石灰石と反応し、**イ** となって取り除かれる。

イ は、セメントの原料や路盤材として利用されている。

溶鉱炉で得られる鉄は、**ウ** とよばれ、質量比約4%の**エ**のほか、ケイ素、硫黄、リンなどの不純物を含んでいるため、硬くてもろい。**ウ** は転炉に移され、**ア** を吹き込んで、余分な**エ**を酸化して除き、質量比0.02~2%の**エ**を含む**オ**にする。**オ**は、硬くてねばり強いが、そのままではさびやすいという欠点がある。

単体の鉄は、濃硝酸には不動態^{c)}となって溶けないが、希硫酸には溶けて、淡緑色の溶液となる。また、鉄を主成分とする触媒は、アンモニアの工業的な合成法であるハーバー・ボッシュ法^{d)}に用いられている。この合成方法は、ルシャトリエの原理(平衡移動の原理)を実際の化学工業に応用した例として知られている。

(問 1) 文中の **ア** ~ **オ** に入る適切な語句を記せ。

(問 2) 下線部 a) について、 Fe_3O_4 を構成する鉄原子の酸化数をすべて答えよ。

(問 3) 下線部 b) について、 Fe_3O_4 の反応の化学反応式を示せ。

(問 4) 下線部 c) について、以下の各問に答えよ。

(ア) 鉄は濃硝酸に入れると不動態になる。これは、硝酸のどのような性質と関係しているか答えよ。

(イ) 次の金属のうち、濃硝酸に入れると不動態となりやすいものをすべて選び、元素記号で答えよ。

Ag, Au, Cr, Cu, Hg, Ni, Pt

(問 5) 下線部 d) の反応の化学反応式を示せ。

(問 6) 下線部 e) の反応は、可逆反応であり、その熱化学方程式は

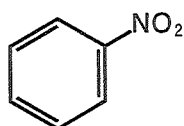


である。次の反応条件をもとに、以下の各問に答えよ。ただし、気体はすべて理想気体として取り扱えるものとする。

反応条件：反応容器に $6.0 \times 10^3 \text{ mol}$ の窒素(N_2)と $1.8 \times 10^4 \text{ mol}$ の水素(H_2)を入れ、触媒の存在下で $527 \text{ }^\circ\text{C}$ に保って反応させた。平衡状態に達したとき、反応容器内の全体の圧力が $8.0 \times 10^7 \text{ Pa}$ になり、気体のアンモニア(NH_3)が $8.0 \times 10^3 \text{ mol}$ 生成した。

- (ア) H_2 分子の H—H 結合および NH_3 分子の N—H 結合の結合エネルギーがそれぞれ、 436 kJ/mol 、 391 kJ/mol であるとき、 N_2 分子の $\text{N}\equiv\text{N}$ 結合の結合エネルギーを求めよ。
- (イ) N_2 と H_2 から $8.0 \times 10^3 \text{ mol}$ の NH_3 が生成したときに発生した熱量を答えよ。
- (ウ) 平衡状態における N_2 および H_2 の物質量を答えよ。
- (エ) 平衡状態における混合気体の体積を、有効数字 2 桁で答えよ。
- (オ) 次の記述①～④のうちから、誤りを含むものをすべて選び、番号で答えよ。
- ① 圧力一定で、反応温度を上昇させると、 NH_3 の生成速度は大きくなり、平衡状態における NH_3 の割合も大きくなる。
 - ② 圧力一定で、反応温度を低下させると、 NH_3 の生成速度は小さくなり、平衡状態における NH_3 の割合は大きくなる。
 - ③ 圧力、反応温度一定で、触媒を用いたときは、平衡状態における NH_3 の割合は触媒を用いないときと同じであるが、平衡に達するまでの時間が短い。
 - ④ 反応温度一定で、圧力を低下させると、平衡状態における NH_3 の割合は大きくなる。

3 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。なお、構造式は次の例にならって記せ。

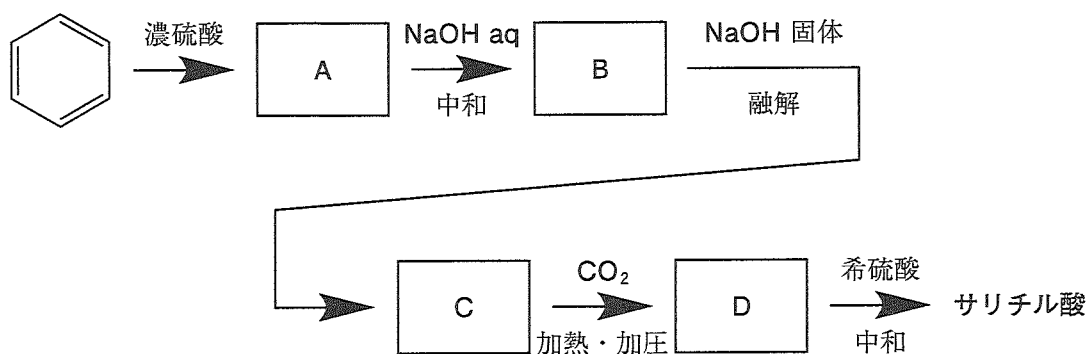


植物には、様々な機能をもつ有機化合物が多く含まれており、医薬品として使われているものもある。ヤナギの樹皮に含まれるサリシンは、人の体内に入ると代謝(加水分解)されて、解熱鎮痛作用を示すサリチル酸を生じる。このことから、かつてサリチル酸は医薬品として頻用されたが、胃腸障害を起こすことがあるため、その代用品として **ア** (別名：アスピリン) が開発された。**ア** も、体内で加水分解され、生じたサリチル酸が薬効を示す。また、サリチル酸とメタノールの脱水縮合によって得られるエステル化合物である **イ** は、消炎鎮痛薬として湿布などに使われている。一方、アニリンから合成される **ウ** は、以前は解熱剤として使用されていたが、副作用が強く、現在ではその誘導体であるアセトアミノフェンが用いられている。

植物由来の成分は、医薬品として以外にも様々な用途に活用されている。例えば、緑茶に含まれるポリフェノール(多価フェノール)の一種である化合物 X と 1-プロパノールから合成されるエステル化合物(C₁₀H₁₂O₅)は、油脂の酸化防止剤として用いられている。

(問 1) 文中の **ア** ~ **ウ** に入る適切な化合物名を記せ。

(問 2) ベンゼンを原料とするサリチル酸の合成法を以下に示す。化合物 A ~ D の構造式をそれぞれ記せ。



(問 3) サリチル酸水溶液とメタノールそれぞれに黄褐色の塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加え、その後の色の変化を観察した。それぞれの場合において、どのような色の変化が認められるか。また、両者に色の変化の違いが認められる場合は、その理由も説明せよ。

(問 4) 有機化合物の性質や構造を調べるために、様々な呈色反応が用いられる。銅イオンの錯体形成に基づく呈色反応を以下の選択肢から選び、その番号を答えよ。

- ① キサントプロテイン反応 ② ヨードホルム反応
- ③ ヨウ素デンプン反応 ④ ビウレット反応
- ⑤ ニンヒドリン反応

(問 5) 化合物 X を無水酢酸に溶かし、少量の濃硫酸を加え、50℃で30分間加熱してアセチル化した。その反応液に水を添加すると、白色沈澱が生じた。それをろ過により分離し、純水で完全に洗浄した後、乾燥させ、化合物 Y (分子量：296) の白色粉末を得た。化合物 Y 148 mg を元素分析装置により完全燃焼させたところ、二酸化炭素 286 mg、水 54 mg が得られた。以下の各問に答えよ。

- (ア) 化合物 Y の分子式を答えよ。
- (イ) 化合物 X 1 分子に含まれる炭素原子とヒドロキシ基の数をそれぞれ答えよ。
- (ウ) 化合物 X の構造式を記せ。ただし、化合物 X はカルボキシ基のオルト位にはヒドロキシ基をもたない。

(問 6) 無水酢酸は半合成繊維の合成にも使われる。以下の各問に答えよ。

- (ア) セルロースに少量の硫酸存在下で無水酢酸を作用させると、セルロースのヒドロキシ基がすべてアセチル化された。得られた化合物の名称を答えよ。
- (イ) (ア) で得られた化合物をおだやかに加水分解し、生成物をアセトンに溶かした。この溶液を細孔から押し出し、温風で溶媒を蒸発させて得られる繊維の名称を答えよ。