

# 令和2年度 入学試験問題

## 医学部 (I期)

### 理科

#### 注意事項

1. 試験時間 令和2年1月24日、午後1時30分から3時50分まで
  2. 配付した試験問題(冊子)、解答用紙の種類はつぎのとおりです。
    - (1) 試験問題(冊子、左折り)(表紙・下書き用紙付)
      - 化学(その1)、(その2)
      - 生物(その1)、(その2)
      - 物理(その1)、(その2)
    - (2) 解答用紙
      - 化学(その1) 1枚(上端赤色)(右肩落し)
      - ” (その2) 1枚(上端赤色)(左肩落し)
      - 生物(その1) 1枚(上端緑色)(右肩落し)
      - ” (その2) 1枚(上端緑色)(左肩落し)
      - 物理(その1) 1枚(上端青色)(右肩落し)
      - ” (その2) 1枚(上端青色)(左肩落し)
- 以上の中から選択した2分野(受験票に表示されている)が配付されています。
3. 下書きが下書き用紙で足りなかったときは、試験問題(冊子)の余白を使用して下さい。
  4. 試験開始2時間以降は退場を許可します。但し、試験終了10分前からの退場は許可しません。
  5. 受験中にやむなく途中退室(手洗い等)を望むものは挙手し、監督者の指示に従って下さい。
  6. 休憩のための途中退室は認めません。
  7. 退場の際は、この試験問題(冊子)を一番上へのせ、挙手し、監督者の許可を得てから、試験問題(冊子)、受験票、下書き用紙および所持品を携行の上、退場して下さい。
  8. 試験終了のチャイムが鳴ったら、直ちに筆記をやめ、おもてのまま上から解答用紙(選択した2分野の解答用紙、計4枚、化学(その1)、化学(その2)、生物(その1)、生物(その2)、物理(その1)、物理(その2))、試験問題(冊子)の順にそろえて確認して下さい。

確認が終っても、指示があるまでは席を立たないで下さい。
  9. 試験問題(冊子)はお持ち帰り下さい。

# 化 学 (その1)

注 意 事 項(その1, その2とも共通)

1. 解答は所定の解答用紙の解答欄に記入せよ。
2. 問題 **1** ~ **4** を通じ, その必要があれば, 次の数値を用いよ。

原子量 H : 1.00, C : 12.0, O : 16.0, S : 32.0, Cu : 64.0

**1** 次の文を読み, 問に答えよ。

D-グルコースは生物界全体にわたって大量に存在し, 様々な物質の材料となっている。また, 細胞にとっては主たるエネルギー源である。D-グルコースの4位の立体配置のみを鏡像体としたD-ガラクトースや, D-グルコースの2位の立体配置のみを鏡像体としたD-マンノースも生物を構成する分子として重要であり, D-グルコースとあわせて, それらの誘導体が生物における代謝過程の成分や構造上の成分となっている。

D-グルコースは  $\text{Cu}^{2+}$  のような金属イオンを含むベネディクト試薬中で酸化され, D-グルコ<sup>a</sup>ン酸が生成される。 D-グルコースの末端のアルデヒド基が酸化されるとD-グルコン酸, もう一方の末端の  $\text{CH}_2\text{OH}$  が酸化されると D-グルクロン酸<sup>b</sup>, 両方が酸化されると, D-グルカル酸<sup>c</sup> が生成される。D-グルクロン酸は生体中で, ステロイド, ビリルビンやある種の薬物と結合し水への溶解性を高めて排泄を容易にする。また, D-グルコースのアルデヒド基が還元されると, D-<sup>d</sup>グルシトール が生成される。

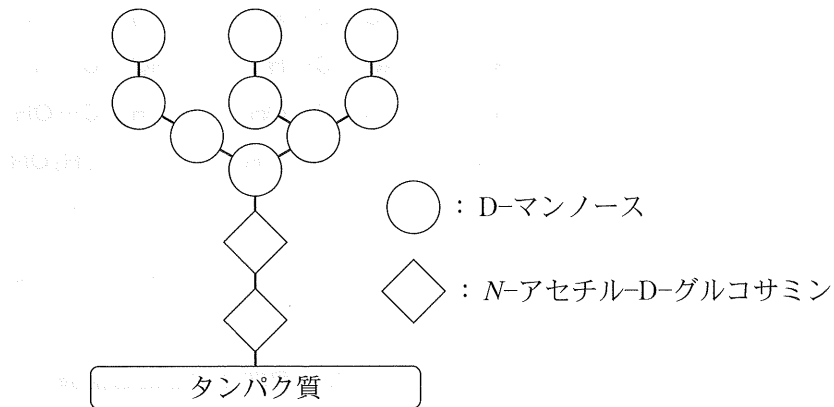
アミノ糖は糖の2位のヒドロキシ基がアミノ基に置換されたものである。動物細胞で最も多くみられるアミノ糖が D-グルコサミンとD-ガラクトサミン である。アミノ糖がアセチル化を受けたものの一つとして N-アセチル-D-グルコサミン<sup>e</sup> があり生体内で多く利用されている。

生体の関節, 硝子体, 皮膚などの細胞外マトリックス(細胞の外側を取りまく物質)を構成するヒアルロン酸は N-アセチル-D-グルコサミンとD-グルクロン酸の二糖単位が連結した構造 となっている。多糖は複数の単糖がグリコシド結合したものであり, 小さな多糖をオリゴ糖と呼ぶ。オリゴ糖はおよそ10~15個の単糖から構成され, タンパク質や脂質と結合し糖タンパク質や糖脂質となる。結合様式には, N-結合型とO-結合型 があり, N-結合型 はN原子の位置で, O-結合型 はO原子の位置で, それぞれ結合していることを示す。N-結合型ではオリゴ糖がアミノ酸側鎖のアミドとN-β-グリコシド結合する<sup>f</sup>。糖鎖の結合には, 合成されたタンパク質を正確に折りたたませる機能や細胞間を接着させる機能がある。N-結合型の代表的な糖鎖に, 高マンノース型糖鎖と複合型糖鎖がある。図1に略図で示す高マンノース型糖鎖は N-アセチル-D-グルコサミンとD-マンノース<sup>g</sup> から構成され, とくにD-マンノース単位を多く含む。

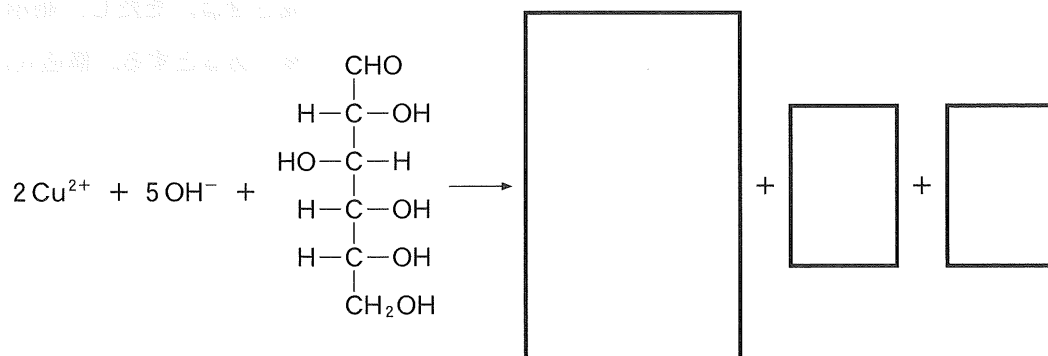
D-マンノースは果実などに多く含まれ, 摂取後, 多くは糖鎖合成に利用されることが明らかとなっている。D-マンノースのアルデヒド基が還元されたものがD-マンニトールであり利尿薬

として利用される。静脈中に D-マンニトールを投与すると細胞内に取り込まれないため血しょうは高浸透圧となり、水分を末梢から吸い上げる。その結果、腎血流量が増加して利尿作用を発揮する。D-マンニトールは腎臓の糸球体でろ過されたのちは再吸収されずに尿中に排泄される。

図 1



問 1 下線部 a の化学反応式を完成させよ。反応式中の分子は構造式で記せ。構造式の表記方法は注 1 を参考にせよ。空欄には係数も含む。



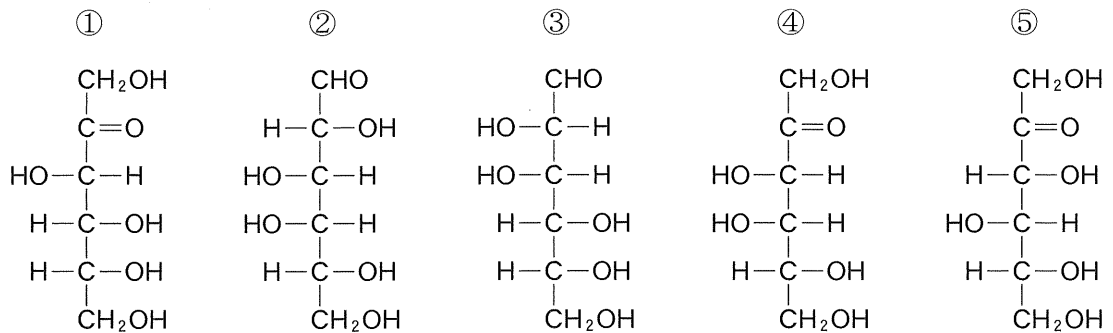
問 2 下線部 b の D-グルクロン酸，下線部 c の D-グルカル酸，下線部 d の D-グルシトールの構造式を記せ。構造式の表記方法は注 1 を参考にせよ。

問 3 下線部 e の D-グルコサミンと D-ガラクトサミンの  $\beta$  型の構造式を注 2 の例にならって記せ。

問 4 下線部 f で N- $\beta$ -グリコシド結合に関わるアミノ酸を以下から選び番号を記せ。

- ① Ala      ② Asn      ③ Glu      ④ Ser      ⑤ His      ⑥ Trp

問 5 下線部 g の D-マンノースを以下の①～⑤から選び番号を記せ。構造式の表記方法は注 1 を参考にせよ。



問 6 次の溶液 A と B の 37 °C における浸透圧 [Pa] を求めよ。四捨五入して有効数字 2 桁で記せ。

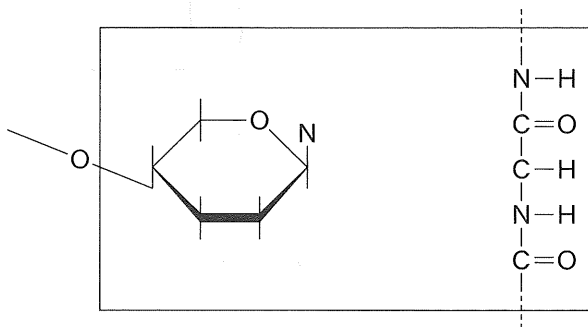
溶液 A : NaCl を 0.15 mol/L の濃度で, グルコースを 100 mg/dL の濃度で含む混合溶液

溶液 B : A 液 1 L にマンニトール 10 g を加え完全溶解させたもの

但しマンニトールを加えることによる溶液の体積の変化はないものとする。

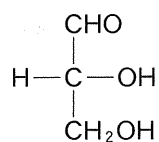
気体定数  $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$   $K = ^\circ\text{C} + 273$

問 7 高マンノース型糖鎖における *N*-アセチル-D-グルコサミンの構造とアミノ酸側鎖との *N*-β-グリコシド結合について, 下図口内の構造式を完成させよ。ただし, 側鎖が *N*-β-グリコシド結合を作るアミノ酸は, 問 4 で選択したアミノ酸であるとする。構造式は注 2 の例にならって記せ。

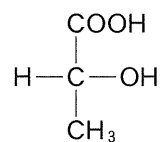


注1 問1, 2, 5の構造式の記載について

紙面手前側に向く結合は水平線(価標)で、紙面背後側に向く結合を垂直な線(価標)で表している。次の図はD-グリセルアルデヒドとD-乳酸を示す。

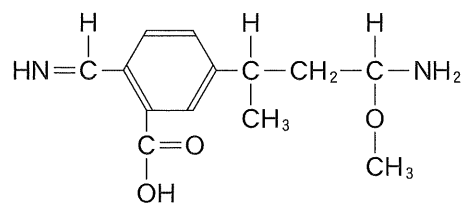
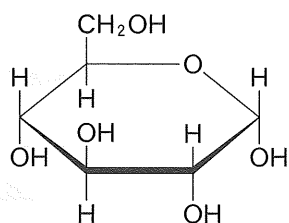


D-グリセルアルデヒド



D-乳酸

注2 問3と問7の構造式の例



2 以下の文を読み、問に答えよ。

アミンは図1に示すようなアンモニアの水素原子を炭化水素で置換した化合物である。アミンは食品中のアミノ酸が微生物により腐敗された際に生じ、生体内ではアミノ酸を代謝して合成され生理活性物質として利用し、また種々の医薬品の基本骨格ともなっている。

食品を放置すると、微生物の作用で図2に示すアミノ酸の脱炭酸反応により以下のアミンが生じる。

ヒスチジンが脱炭酸されるとヒスタミン、トリプトファンが脱炭酸されるとトリプタミン、オルニチンが脱炭酸されるとプトレッシンが生成される。この中でヒスタミンは化学物質による食中毒の原因の一つとして報告されることが多く、顔面紅潮、頭痛、じんま疹、発熱などの症状を呈する。食品中に蓄積したヒスタミンは耐熱性があり、加熱調理した食品でも摂取により症状が発現する。

ヒトの生体内では図3に示すようにチロシンを材料としてノルアドレナリンやアドレナリンが合成され、その後、生体内で代謝されバニルマンデル酸として尿中へ排泄される。またチロシンが脱炭酸されて生成されるチラミンは動植物に広く存在する。チラミンもノルアドレナリンやアドレナリンと同様に図3のEやFを触媒するモノアミンオキシダーゼの基質となり代謝される。

芳香族アミンのアニリンは多様な薬物の骨格となっている。アニリンと無水酢酸を反応させるとアミノ基がアセチル化されアセトアニリドが生じる。アセトアニリドはかつて解熱鎮痛薬として用いられたが、副作用が強かったため現在は使われていない。アセトアニリドのアセチル化したアミノ基の*p*-位をヒドロキシ化したものがアセトアミノフェンであり、解熱鎮痛薬として広く使われている。サルファ薬として知られる抗菌薬のスルファニルアミド(4-アミノベンゼンスルホンアミド)はアニリンのアミノ基の*p*-位がスルホンアミド基を有する構造となっている。

問1 ヒスタミン、トリプタミン、プトレッシン、アセトアニリド、アセトアミノフェン、スルファニルアミド(4-アミノベンゼンスルホンアミド)の構造を例にならって記せ。

参考のため、タンパク質構成アミノ酸20種の構造式を図4に示す。オルニチンはリシンのメチレン基が一つ少ない構造のアミノ酸である。

問2 図3の、A、B、C、D、G、Hの反応は、①加水分解②脱離③酸化④メチル基転移のどの反応か、それぞれ一つ選んで番号を記せ。

なお、転移反応とは部分構造を交換する形で置換基がある物質から別の物質へと移動する(転移する)反応をいう。

問 3 下線部 a で示したチラミンを基質としたモノアミンオキシダーゼの作用を表す以下の化学反応式を完成させよ。

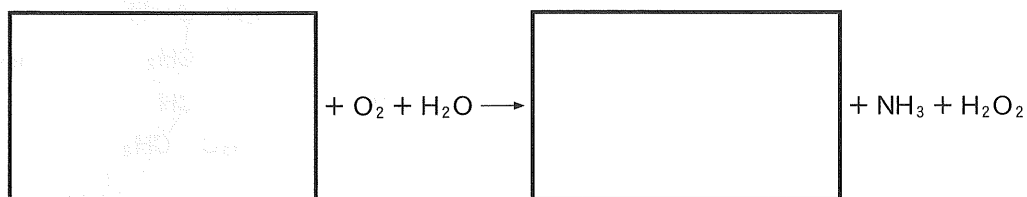


図 1

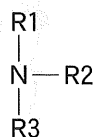


図 2

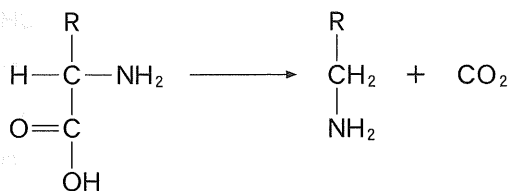


図 3

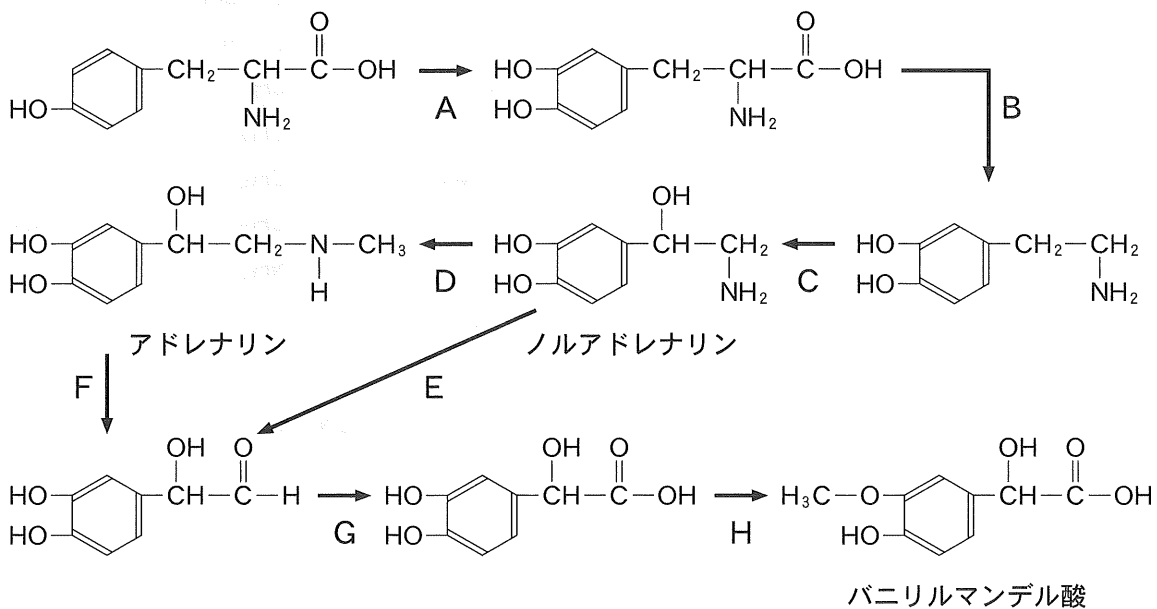
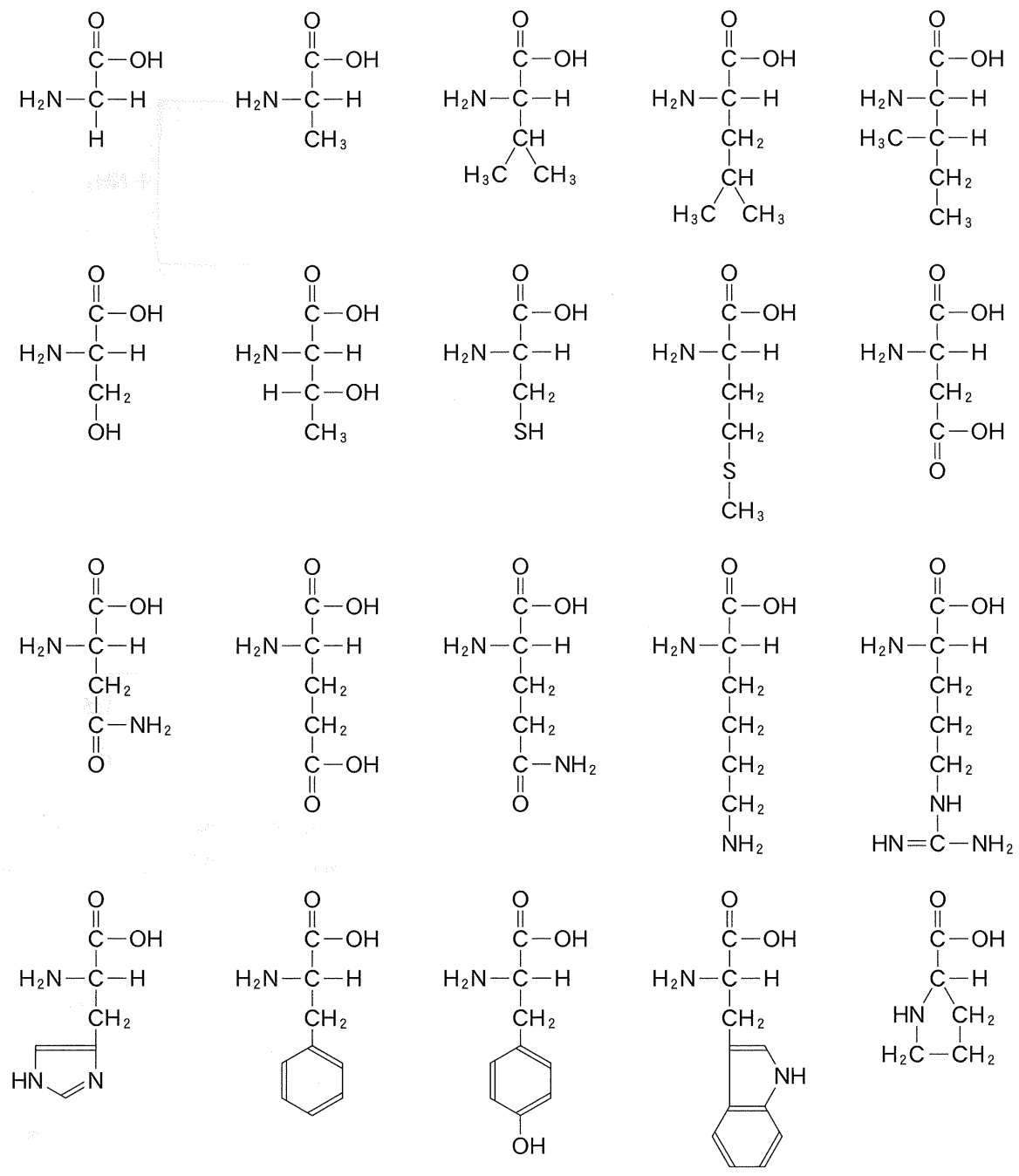
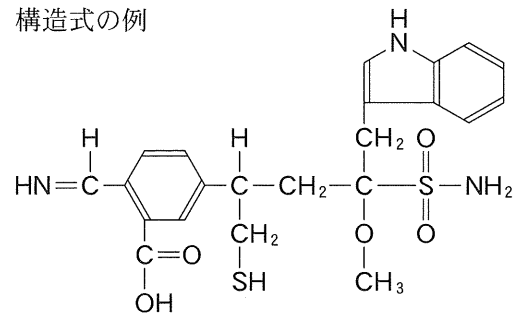


図4



構造式の例





## 化 学 (その 2)

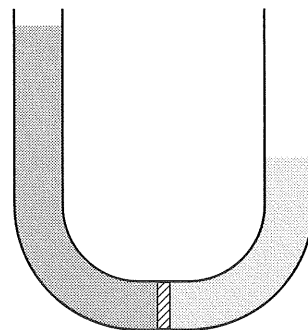
3 次の文章を読み，設問 A～C の間に答えよ。

ただし必要があれば次の数値を用いよ。

水銀の密度は  $13.6 \text{ g/cm}^3$ ，大気圧は  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  ( $= 76.0 \text{ cmHg}$ )，

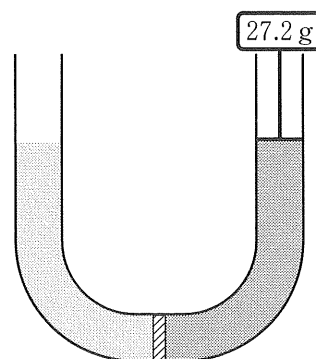
気体定数  $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$  とする。

A. 中央部が半透膜で左右対称に仕切られた断面積が  $1.00 \text{ cm}^2$  の U 字管の左側に水溶性の多糖類 A を  $2.00 \text{ g}$  溶かした水溶液  $100 \text{ mL}$  をいれ，右側には純水  $100 \text{ mL}$  を入れた。  $27^\circ\text{C}$  に保ってしばらく放置したところ，右図のように多糖類水溶液の液面が純水の液面より  $20.0 \text{ cm}$  高くなっていた。この多糖類水溶液は電離せず，また U 字管の上部(両口)は閉じられていないものとする。



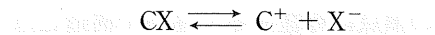
問 1 この U 字管の左側に入れた水溶性多糖類の水溶液の浸透平衡状態における密度が  $1.00 \text{ g/cm}^3$  であるとき，多糖類 A の分子量を四捨五入のうえ有効数字 3 桁で答えよ。

B. 断面積が  $5.0 \text{ cm}^2$  の U 字管の中央部に半透膜を張って U 字管を左右対称に仕切った。U 字管の左側には  $50 \text{ mL}$  の純水，右側には非電解質の物質 B を  $0.50 \text{ g}$  溶かした水溶液  $50 \text{ mL}$  を入れ  $27^\circ\text{C}$  に保った。U 字管の右側には液面からの圧力を計測できる重量計を設置した。この重量計自体の質量は無視できるものとするため，重量計からは液面に加重はかからないものとする。U 字管の左側の上部は開放したままとなっている。またこの水溶液の密度は  $1.00 \text{ g/cm}^3$  とする。



問 1 U 字管をしばらく放置したところ，右側の重量計は  $27.2 \text{ g}$  の値を示して値が安定した。その際，U 字管内の液面の高さに変化は生じていないものとする。物質 B の分子量を四捨五入のうえ有効数字 3 桁で答えよ。

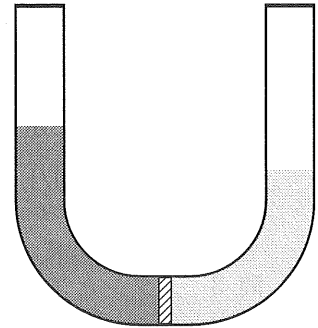
C. 物質 CX は分子量が 200 であり，水中ではその一部が下記のように電離することが知られている。



大気圧下でこの物質 CX を 0.40 g 含む水溶液 100 mL を半透膜で仕切られた左右対称な U 字管の左側に入れた。また同じく大気圧下で U 字管の右側に純水 100 mL を入れ，直ちに U 字管の左右の上部(両口)を閉じた。両口を閉じた瞬間の U 字管内の水溶液の液面より上の空間(気相)の体積は，左右ともに 60 mL であり，管の断面積は  $2.00 \text{ cm}^2$  である。

この U 字管を十分な時間放置すると，物質 CX の電離は平衡に達した。平衡状態では水溶液の温度は  $27^\circ\text{C}$  となり，水溶液の液面が純水側の液面より 20.0 cm 高くなった。

水溶液と純水の浸透平衡状態における密度はともに  $1.00 \text{ g/cm}^3$ ，物質 CX 水溶液ならびに水の蒸気圧，空気の水への溶解は無視でき，気相の温度は一定であるとした場合，以下の問いに答えよ。



問 1 平衡状態における CX 水溶液の浸透圧 [Pa] を四捨五入のうえ有効数字 3 桁で答えよ。

問 2 平衡状態における CX の電離度  $\alpha$  ( $0 < \alpha < 1$ ) を小数点以下第 3 位まで求めよ。第 4 位以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。

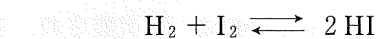
4 以下の問に答えよ。

- 問 1 CsCl の結晶は Cs イオンを中心として  $\text{Cl}^-$  が 8 つの頂点に存在する結晶格子構造となっている。この単位格子の 1 辺の長さが  $4.10 \times 10^{-8} \text{ cm}$  であるとした場合の結晶の密度 ( $\text{g/cm}^3$ ) を四捨五入のうえ小数点以下第 2 位まで求めよ。なお、CsCl の式量は 168、アボガドロ定数は  $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$  とする。
- 問 2 水酸化ナトリウム ( $\text{NaOH}$ ) と炭酸ナトリウム ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) の混合液 100 mL に対して、 $0.30 \text{ mol/L}$  の希塩酸 ( $\text{HCl}$ ) を用いて滴定をおこなったところ、第 1 中和点までに 50 mL を要した。引き続き希塩酸 ( $\text{HCl}$ ) の滴下を続けた結果、合計 80 mL を要したところで第 2 中和点に達した。混合液に含まれていた水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムの濃度はそれぞれ何  $\text{mol/L}$  か。小数点以下第 2 位まで求めよ。第 3 位以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。
- 問 3 メタンとエタンの混合気体 54 g を完全に燃焼させたところ、二酸化炭素と水 (液体) が 7 : 12 の物質質量比 (モル比) で得られた。生成した水 (液体) は何 g か。整数で答えよ。ただし、生成した水はすべて液体であるとする。小数点以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。
- 問 4  $0.30 \text{ mol/L}$  のアンモニア 150 mL に、 $0.60 \text{ mol/L}$  の塩化アンモニウム水溶液 150 mL を混合した緩衝液の pH の値を整数で答えよ。小数点以下の数値が出た場合は四捨五入せよ。ただし水のイオン積  $K_w = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ 、アンモニアの電離定数  $K_b = 2.0 \times 10^{-5} (\text{mol/L})$  とする。
- 問 5 標準状態で 10 L の空気を  $0.010 \text{ mol/L}$  の水酸化バリウム水溶液 100 mL に吹き込み空気中の二酸化炭素をすべて水酸化バリウム水溶液に吸収させた。水酸化バリウム水溶液には白い沈殿物が生じたため、生じた沈殿物をすべてろ過にて取り除いた後、残った溶液の全量の 100 mL に  $0.10 \text{ mol/L}$  の塩酸を加えたところ、16.4 mL で溶液は完全に中和した。  
水酸化バリウム水溶液に吹き込んだ空気中に含まれる二酸化炭素の体積百分率を四捨五入のうえ有効数字 3 桁で求めよ。
- 問 6 気体 A が 10 L の容器 X に入れられ、 $27^\circ\text{C}$  で  $3.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  を示している。また気体 B は 20 L の容器 Y に入れられ  $127^\circ\text{C}$  で  $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  を示している。2 つの気体を 40 L の容器 Z に移して、 $77^\circ\text{C}$  に保った。気体 A と B は反応しないものとする。容器 Z における全圧 [Pa] を四捨五入のうえ有効数字 3 桁で答えよ。気体定数  $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$  とする。
- 問 7 無水硫酸銅 (II)  $\text{CuSO}_4$  の水 100 g に対する溶解度は  $60^\circ\text{C}$  で 40、 $20^\circ\text{C}$  で 20 とする。いま、 $60^\circ\text{C}$  の硫酸銅 (II) の飽和水溶液 210 g を  $20^\circ\text{C}$  まで冷却すると、何 g の硫酸銅 (II) 五水和物の結晶 ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ ) が析出するか。整数値で求めよ。小数点以下の数値が出た場合は四捨五入せよ。

問 8 エタン  $C_2H_6$  の生成熱は  $84 \text{ kJ/mol}$ ，結合エネルギーを  $H-H : 430 \text{ kJ/mol}$ ， $C-H : 410 \text{ kJ/mol}$ ， $C-C : 370 \text{ kJ/mol}$  としたとき，黒鉛の昇華熱  $[\text{kJ/mol}]$  を整数で答えよ。小数点以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。

問 9  $0.20 \text{ mol/L}$  の塩酸  $180 \text{ mL}$  と  $0.25 \text{ mol/L}$  の水酸化カリウム水溶液  $150 \text{ mL}$  を反応させた。この反応で放出される熱量は何  $\text{kJ}$  か。四捨五入のうえ小数点以下第 2 位まで求めよ。ただし，塩化水素(塩酸)および水酸化カリウムは，水溶液中では完全に電離しており，強酸と強塩基の中和熱は  $56.5 \text{ kJ/mol}$  とする。

問 10  $5.0 \text{ L}$  の容器に  $H_2$  と  $1.0 \text{ mol}$  の  $I_2$  を入れ，一定温度に保ったところ，以下の反応式が平衡に達し  $HI$  が  $1.2 \text{ mol}$  生成した。



この時の平衡定数が  $36$  のとき，最初に容器に入れた  $H_2$  の物質質量は何  $\text{mol}$  か。四捨五入のうえ有効数字 2 桁で答えよ。