

令和3年度 入学試験問題

医学部 (Ⅱ期)

理科

注意事項

1. 試験時間 令和3年3月6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)を一番上にのせ、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。
 10. 試験終了後の会場退室に当たっては、誘導の指示に従って下さい。

化 学 (その1)

注 意 事 項

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, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, Al = 27.0,
S = 32.0, Cu = 63.5, Zn = 65.4

1 次の文を読み、問に答えよ。

ベンゼンは炭素と水素から構成される環状の化合物であり、医薬品をはじめとする様々な化学物質の原料として利用されることが知られる。

問 1 ①—⑧にベンゼンの誘導体を合成する際に用いられる実験手順を示した。次の1)—3)の設問に答えよ。

- ① 高温・高圧条件下で水酸化ナトリウム水溶液と反応させる。
- ② 塩化メチルを加えて塩化アルミニウムを触媒として反応させる。
- ③ 無水酢酸を加えて加熱する。
- ④ 高温・高圧の状態で二酸化炭素を反応させ、さらに希硫酸を加えて反応させる。
- ⑤ 希塩酸酸性下で亜硝酸ナトリウムを加え、低温で反応させる。
- ⑥ 濃硝酸と濃硫酸の混合物を加えて、約 60℃ で反応させる。
- ⑦ 塩化鉄(III)を触媒として加え、反応物質と等物質量の塩素を通じる。
- ⑧ 塩化スズ(II)と濃塩酸を加えて反応させ、さらに強塩基を加えて反応させる。

1) ベンゼンからアセチルサリチル酸を合成する際の手順として適切なものを①—⑧の中から選び、正しい順番にならべかえよ。

(例) ①→②→③→④

2) 1)の手順を1点のみ変更してサリチル酸メチルを合成したい。この際変更すべき手順の番号を①—⑧から選び、変更後の手順を30文字以内で答えよ。

3) ベンゼンを⑥→⑧→⑤の手順で反応させたところある生成物 X が得られた。この際、手順⑤は低温で行う必要があるが、これは温度の上昇にともない生成物が分解され、気体 Y を発生しながら分解産物 Z となるからである。X~Z の名称を答えよ。

問 2 ここにアニリン、ニトロベンゼン、サリチル酸メチルおよびアセチルサリチル酸を含むジエチルエーテルの混合溶液がある。この溶液を図 1 のような手順で分離した。次の設問に答えよ。

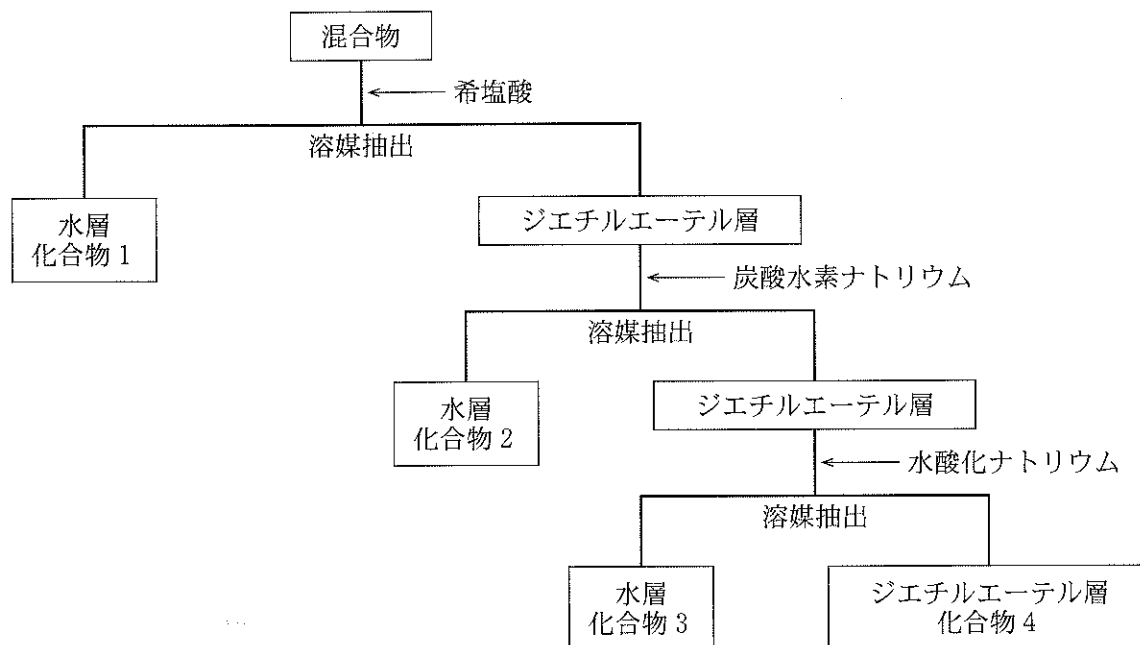


図 1

- 1) アセチルサリチル酸は化合物 1—4 のどこに抽出されるか答えよ。
- 2) 化合物 1—4 を含む溶液を適切な酸または塩基溶液で中和した上で、適切な確認試験を行うことで、化合物 1—4 であることを確認したい。それぞれの化合物について、次の(ア)―(キ)の選択肢から適切な呈色試薬を答えよ。なお、複数必要な場合は組み合わせを解答せよ。適切なものがない場合は(ク)を選べ。

- (ア) ヨウ素
- (イ) ニクロム酸カリウム
- (ウ) 塩化鉄(Ⅲ)水溶液
- (エ) 硫酸銅(Ⅱ)水溶液
- (オ) 硫酸水溶液
- (カ) 炭酸水素ナトリウム溶液
- (キ) 酒石酸カリウムナトリウムと水酸化ナトリウムの混合溶液
- (ク) 該当なし

問 3. 溶媒抽出の際には、互いに溶け合わない二液相の溶媒に、どちらの溶媒にも溶ける溶質を加え、よく混和して平衡状態をつくりだす。この際、各溶媒中での溶質の濃度を C_1 および C_2 とすれば、 C_1 と C_2 の比は一定となる。 C_1 と C_2 の比 (C_1/C_2) は分配係数 K と呼ばれ、溶媒抽出を行う際の化合物の挙動を知るうえでよい指標となる。これを踏まえて、次の設問に答えよ。

1) ジエチルエーテルと水を用いて、化合物 A を溶媒抽出する場合を考える。水 100 mL に化合物 A が 1.00 g 溶解した溶液にジエチルエーテル 200 mL を加えてよく振り混ぜたとき、ジエチルエーテルに移行した A の質量 [g] を四捨五入のうえ小数点第三位まで求めよ。ただし、操作中に溶液の体積変化はないものとし、化合物 A に対するジエチルエーテルと水の分配係数は $K = C_{\text{ジエチルエーテル}}/C_{\text{水}} = 4.00$ とする。

2) 水 100 mL に化合物 A が 1.00 g 溶解した溶液に、ジエチルエーテル 200 mL を 100 mL ずつ分けて加え、溶媒抽出を 2 回行った。この際 2 回分の合計の A の収量は、1) に比べてどのように変化するか。増加、減少または不変で解答せよ。また、変化すると解答した場合、A の収量は 1) のときの収量に対して何%変化するか。四捨五入のうえ小数点第二位まで求めよ。なお、1) の答えを計算で引用する場合、四捨五入をした後の数値を用いること。

2 以下の文を読み、問に答えよ。

炭化水素の水素原子をヒドロキシ基で置換した構造を有する化合物をアルコールとよぶ。第一級アルコールを酸化すると(①)が生じ、第二級アルコールを酸化すると(②)が生じることから、様々な有機化合物の原料としても利用される。エタノールは代表的なアルコールのひとつで、酒類として利用されるほか、消毒剤、溶剤としても利用される。工業的には、(③)をリン酸触媒のもと加熱・加圧(300℃, 7 MPa)して、水蒸気を作用させて製造される。一方、酒類としてのエタノールは、デンプンやグルコースを原料とし、酵素の作用で作られるが、この際に副生成物として気体の(④)が生じる。また、エタノールは濃硫酸を用いた脱水反応により他の化合物に変換することができる。実際、濃硫酸を160-170℃に加熱しながらエタノールを加えると(③)が生じる。一方、濃硫酸を130℃に加熱しながらエタノールを加えると(⑤)が生じる。

問 1 ①—⑤に該当する適切な語句を答えよ。

問 2 下線部(ア)について、デンプン 10 g に十分な量の酵素を反応させ、完全に発酵させると、標準状態で何 L の気体(④)が発生するか。ただし、標準状態における気体のモル体積は 22.4 L/mol とする。答えは四捨五入のうえ小数点第二位まで求めよ。

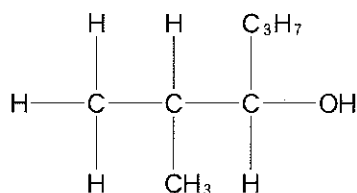
問 3 元素分析装置を用いてアルコール X 4.12 mg を完全に燃焼したところ、水 5.0 mg、二酸化炭素 10.3 mg が発生した。X の組成式を答えよ。

問 4 アルコール X の分子量は 50 以上 150 以下である。光学異性体は区別しないものとする。X の構造には何通りの可能性が考えられるか解答せよ。

問 5 問 4 の異性体のなかで、酸化すると銀鏡反応が陽性となる化合物を生じるものは何種類存在するか。

問 6 問 4 の異性体の中で、最も沸点が高いものの構造式を例に従って解答せよ。

例



化 学 (その2)

3 次の設問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。

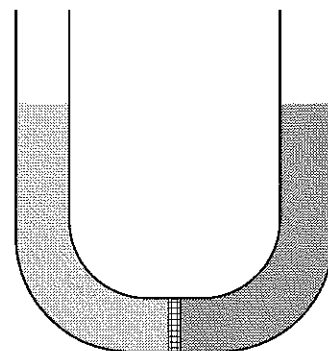
水銀の密度は 13.6 g/cm^3 ，大気圧は $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ (= 76.0 cmHg)，

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

設問A. 中央部に半透膜を張って左右対称に仕切った U 字管の一方に 0.25 mol/L の NaCl 水溶液を 100 mL 入れ、もう一方に物質 AB_2 (分子量 100) 2.0 g を純水に溶かして 100 mL としたものを入れた。 27°C でしばらく放置したところ、水面の差は生じなかった。 AB_2 の一部は水溶液中で以下のよう
に電離する。

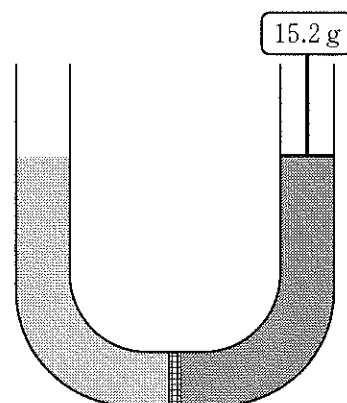


問 NaCl の電離度を 1.0 としたときの AB_2 の電離度 α を小数点以下第2位まで求めよ。小数点第3位以下の数値が出た場合は四捨五入せよ。



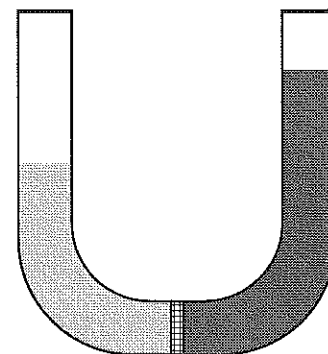
設問B. 断面積が 2.0 cm^2 の U 字管の中央部に半透膜を張って U 字管を左右対称に仕切った。U 字管の左側には 50 mL の純水、右側には電離も会合も起こすことのない物質 X を 0.50 g 溶かした水溶液 50 mL を入れ 27°C に保った。U 字管の右側には液面からの圧力を計測できる重量計を設置した。この重量計自体の質量は無視できるものとするため、重量計からは液面に加重はかからないものとする。またこの U 字管の左右の両方に純水をいれて同様に重量計の値を計測した場合には、右側の重量計は 0.0 g の値を示した。U 字管の左側の上部は開放したままとなっている。またこの水溶液の密度は 1.00 g/cm^3 とする。

問 U 字管をしばらく放置したところ、右側の重量計は 15.2 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 X の分子量を四捨五入のうえ有効数字3桁で答えよ。



設問C. 大気圧下で電離も会合も起こすことのない物質 Y を 1.0 g 含む水溶液 300 mL を半透膜で仕切られた左右対称な U 字管の右側に入れた。また同じく大気圧下で U 字管の左側に純水 300 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 90 mL であり、管の断面積は 3.00 cm^2 である。

問 この U 字管を 57°C でしばらく放置すると、右側の水溶液の液面が純水側の液面(左側)より 20.0 cm 高くなった。水溶液と純水の平衡状態における密度はともに 1.00 g/cm^3 、物質 Y の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、平衡状態における Y 水溶液の浸透圧 [Pa] を有効数字 3 桁で、物質 Y の分子量を整数で答えよ。それぞれ指定の桁数以上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 メタノールとエタノールの混合物 6.96 g を完全に燃焼させたところ、二酸化炭素と水が 6 : 11 の物質質量比(モル比)で得られた。以下の設問に答えよ。

問 a : 混合物に含まれるメタノールとエタノールの物質質量比(モル比)を求めよ。

問 b : 生成した二酸化炭素は何 g か。小数点以下第 2 位まで求めよ。小数点第 3 位以下の数値が生じた場合には四捨五入せよ。

問 c : この反応に必要な酸素の最小の体積は標準状態で何 L か。小数点以下第 2 位まで求めよ。小数点第 3 位以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。なお、標準状態における酸素 1 mol の体積は 22.4 L とする。

問 2 水酸化ナトリウム(NaOH)を 0.020 mol/L、炭酸ナトリウム(Na_2CO_3)を 0.030 mol/L の濃度で含む混合水溶液 120 mL に対して、0.30 mol/L の希塩酸を用いて滴定をおこなったところ、(a) mL を要したところで第 1 中和点となった。そのまま滴定を続けると希塩酸を合計(b) mL したところで第 2 中和点に達した。

上記の文章の a, b に入る値を整数で答えよ。小数点以下の数値が出た場合は四捨五入せよ。

問 3 ダニエル電池の放電により正極側の電極の質量が 3.81 g 変化した。放電前、素焼き板で仕切られた正極側には 0.10 mol/L の濃度の電解液が 1.0 L 入れられていた。放電後の正極側の水溶液のモル濃度[mol/L]を小数点以下第 2 位まで求めよ。小数点第 3 位以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。

なお放電前後で電解液の体積は変わらないものとし、電解液中に設置された素焼き版を通過するのは陰イオンのみであり、金属イオンの通過はないものとする。

問 4 タンパク質中の大まかな窒素含有率(質量パーセント)を求める方法にケルダール法というものがある。ケルダール法では、以下の方法により捕集した NH_3 の物質質量(mol)は、分析した食品に含まれるタンパク質中の窒素原子 N の物質質量(mol)に等しいことを応用している。

ケルダール法をもちいて、ある食品 0.25 g を濃硫酸で加熱分解すると、食品中のたんぱく質に含まれる窒素がすべて硫酸アンモニウムに変化した。これをアルカリ性にすることで発生したアンモニアを 0.10 mol/L の希硫酸 20 mL にて完全に吸収した。この溶液中に残存する硫酸を 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定したところ 21 mL が必要であった。

この食品中の窒素含有率(質量パーセント)は何%か。小数点以下第 1 位まで求めよ。小数点第 2 位以下の数値が生じた場合には四捨五入せよ。

問 5 エチレン(気体)に水素(気体)が付加することによってエタン(気体) 1 mol を生成する時の反応熱は 168 kJ/mol である。C-H 結合の結合エネルギーは 413 kJ/mol, H-H の結合エネルギーは 436 kJ/mol, 炭素原子間の単結合の結合エネルギーが 368 kJ/mol であるとき, 炭素原子間の二重結合の結合エネルギー [kJ/mol] を整数で求めよ。小数点以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。

問 6 不純物を含むアルミニウムの粉末 2.0 g に希硫酸を加えてアルミニウムをすべて溶かしたところ, 0.080 mol の水素が発生した。この粉末に含まれるアルミニウムの純度は質量パーセントで何%か。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。ただし不純物は硫酸と反応しないものとする。