日本医科大学

令和２年度　入学試験問題

理　科　問 題 用 紙（後期）

試験時間	１２０分
問題用紙	物理　　１～８頁 化学　　９～２０頁 生物　２１～３３頁

注 意 事 項

1. 指示があるまで問題用紙は開かないこと。
2. 受験科目はあらかじめ受験票に記載された２科目とし，変更は認めない。
3. 問題用紙および解答用紙に落丁，乱丁，印刷の不鮮明な箇所があったら，手を挙げて監督者に知らせること。
4. 解答が終わっても，または試験を放棄する場合でも，試験終了までは退場できない。
5. 携帯電話等の電子機器類は電源を必ず切り，鞄の中にしまうこと。
6. 机上には，受験票と筆記用具（鉛筆，シャープペンシル，消しゴム）および時計（計時機能のみ）以外は置かないこと。（耳栓，コンパス，定規等は使用できない。）
7. 問題用紙および解答用紙に受験番号と氏名を記入すること。
8. 解答はすべて解答用紙の所定の解答欄に記入すること。欄外には何も書かないこと。
9. この問題用紙の余白は自由に用いてよい。
10. 質問，トイレ，体調不良等で用件のある場合は，無言のまま手を挙げて監督者の指示に従うこと。
11. 中途退室時は，問題用紙および解答用紙を裏返しにすること。
12. 受験中不正行為があった場合は，試験の一切を無効とし，試験終了時間まで別室で待機を命じる。
13. 試験終了後，解答用紙は裏返し，問題用紙は持ち帰ること。

受験番号		氏　名	

化　学

必要があれば，以下の数値を用いよ。

原子量	H: 1.00　C: 12.0　N: 14.0　O: 16.0　Na: 23.0　S: 32.0 Cl: 35.5　K: 39.0　Ag: 108
気体定数 R	8.30×10^3 Pa·L/(K·mol)
ファラデー定数 F	9.65×10^4 C/mol
アボガドロ定数	6.00×10^{23}/mol
水のイオン積	1.0×10^{-14} (mol/L)^2
0℃	273 K
対数値	$\log_{10} 2 = 0.30$

［Ⅰ］ 文章を読んで問いに答えよ。

金属の単体が水溶液中で陽イオンになるなりやすさを［ア］という。［ア］の大きさは金属の種類によって異なるので，2種類の金属が関わる反応を利用して反応の化学エネルギーを［イ］エネルギーに変換して取り出す装置をつくることができる。この装置を電池という。電池から電流を取り出すことを［ウ］といい，電池を［ウ］させると，電池の負極で活物質が［エ］される反応が起こり，正極で活物質が［オ］される反応が起こる。電池の両電極の間に生じる電位差(電圧)を電池の［カ］という。

図1は，硫酸銅(II)水溶液と硫酸亜鉛水溶液にそれぞれ銅板と亜鉛板を浸した電池であり，ダニエル電池とよばれる。この電池の［カ］は主に2つの電極に用いられている金属亜鉛と金属銅の［ア］の大きさの違いに基づいて決まる。したがって，図1の電池の亜鉛板をニッケル板にかえ，硫酸亜鉛水溶液を同濃度の硫酸ニッケル(II)水溶液にかえると［カ］は［キ］くなる。

図1の電池を［ウ］させると，硫酸亜鉛溶液と硫酸銅(II)溶液の濃度がそれぞれ変化して電圧は徐々に低下する。このことから，ダニエル電池の［カ］が電解質溶液の濃度にも依存していることがわかる。図1の電池が長時間にわたって［ウ］できるようにするには［ク］の濃度をはじめに高くしておくとよい。電池の［ウ］によって得られる電流は，電池全体で起こる反応に伴う電子の移動によって生じるものなので，その反応が平衡に達することで電池から電流が流れなくなる。

ダニエル電池では2種類の電解質溶液が素焼板などで仕切られる。図1の電池において仕切りをなくして硫酸銅(II)と硫酸亜鉛の混合溶液に銅板と亜鉛板を浸したとすると，［ケ］板上

でのみ [コ] が [サ] となる反応が起きて電流を取り出せない。これに対して，細孔をもつ素焼板で2つの溶液を仕切ると溶液の混合を抑えながらイオンが通過できるようになるため，電流が流れる。このとき，[シ] は硫酸銅(II)溶液から硫酸亜鉛溶液へと素焼板を通過して移動する。しかし，素焼板の仕切りを用いた場合には，時間の経過とともに硫酸亜鉛溶液と硫酸銅(II)溶液が徐々に混ざり合って反応が妨げられてしまう。溶液の混合を完全に防ぎながら [シ] だけが通過できるようにするには素焼板の代わりに [ス] で仕切るとよい。

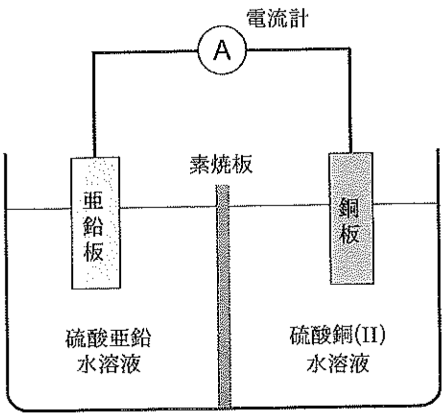


図1

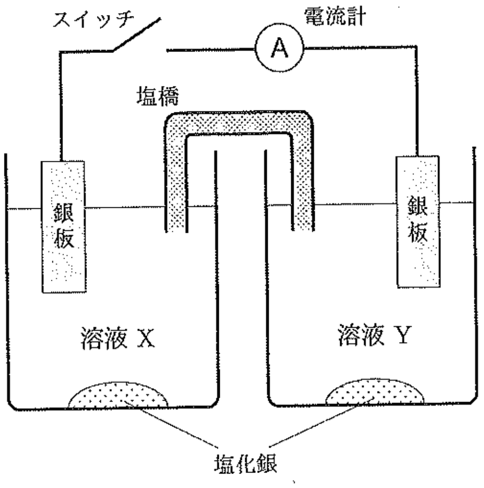


図2

ダニエル電池の [カ] が電解質溶液の濃度に依存して変わることから，2つの電極に同じ金属を用いても，その金属の塩の濃度の異なる水溶液を電解質溶液に用いた電池を組むことで [カ] が生じる。図2は，塩化カリウム水溶液に塩化銀を加えて飽和させた溶液Xと溶液Yを塩橋で接続し，溶液に浸した銀板を導線でつないだ電池である。なお，溶液Xおよび溶液Yには多量の塩化銀が沈殿している。ここで，塩橋を通して移動できるイオンはカリウムイオンのみであり，銀板の表面では $Ag^+ + e^- \rightleftarrows Ag$ の反応だけが起こり，2つの銀板の間の電位差は2つの溶液中の銀イオン濃度の違いだけによって生じるものとする。また，溶液Xと溶液Yの体積は等しく，溶液の体積変化は起こらないものとする。なお，塩化銀の溶解度積を 1.8×10^{-10} $(mol/L)^2$ とする。

溶液Xの塩化物イオン濃度は 1.0×10^{-2} mol/L，溶液Yの塩化物イオン濃度は 1.0×10^{-3} mol/L である。したがって，スイッチをつなぐ前の銀イオン濃度は，溶液Xが [セ] mol/L，溶液Yが [ソ] mol/L である。

回路のスイッチをつなぐと溶液X側の銀板が [タ] 極となって電流が流れる。このとき，溶液X側の銀板表面では [A] の向きに反応が起こり，同時に溶液X中で [B] の反応が起こる。その結果，溶液Y側の塩化物イオン濃度が [チ] する。さらに電流を流し続けて最終的に電流が流れなくなったとき，溶液Yの銀イオン濃度は [ツ] mol/L となる。

問1 [ア] ～ [キ] に適した語句を書け。

問2 [ク] ～ [シ] に入る物質を化学式で書け。

問3 [ス] に適した名称を答えよ。

問4 [セ] および [ソ] に適した数値を書け。

問5 [タ] に入る語を漢字で書け。

問6 [A] および [B] に適した反応式を書け。

問7 [チ] に入る語句を書け。

問8 電流が流れなくなったときに溶液Xおよび溶液Yにおいて，ともに塩化銀が沈殿している状態であったとして，[ツ] に入る数値を書け。

[II] 水蒸気蒸留は，油のように水と混ざり合わない物質に水蒸気をあてて揮発させ，水蒸気との混合蒸気を冷却し，凝縮させて取り出す蒸留法である。ここでは，水と混ざり合わない液体の化合物 X を蒸留試料として，図のような装置で水蒸気蒸留を行う実験を考える。水蒸気発生用フラスコには純水が入っており，これを加熱して沸騰させた後，バルブを閉じて水蒸気を蒸留用フラスコに送り込むことにより蒸留が開始される。蒸留用フラスコにはあらかじめ蒸留試料を入れておく。

蒸留試料と接する水蒸気の温度は 98 ℃ であった。この温度における水蒸気圧は 9.42×10^4 Pa である。X は水蒸気に接すると，ある程度揮発する。X の蒸気と水蒸気の 2 種類の蒸気が混ざり合った気体を，ここでは混合蒸気とよぶ。混合蒸気の温度は水蒸気の温度と同じで 98 ℃ であった。この温度で平衡状態にある混合蒸気の蒸気圧は 9.81×10^4 Pa である。この蒸留では X の水溶液が沸騰するのではないため，混合蒸気の圧力は必ずしも大気圧と等しくはならない。蒸留用フラスコ内の混合蒸気は平衡状態にあるとし，気体は理想気体であると仮定して，この水蒸気蒸留について問いに答えよ。なお，式で解答する場合は，計算できる部分は計算した上で，数値を含む式で答えよ。また，数値は有効数字 3 桁で書け。

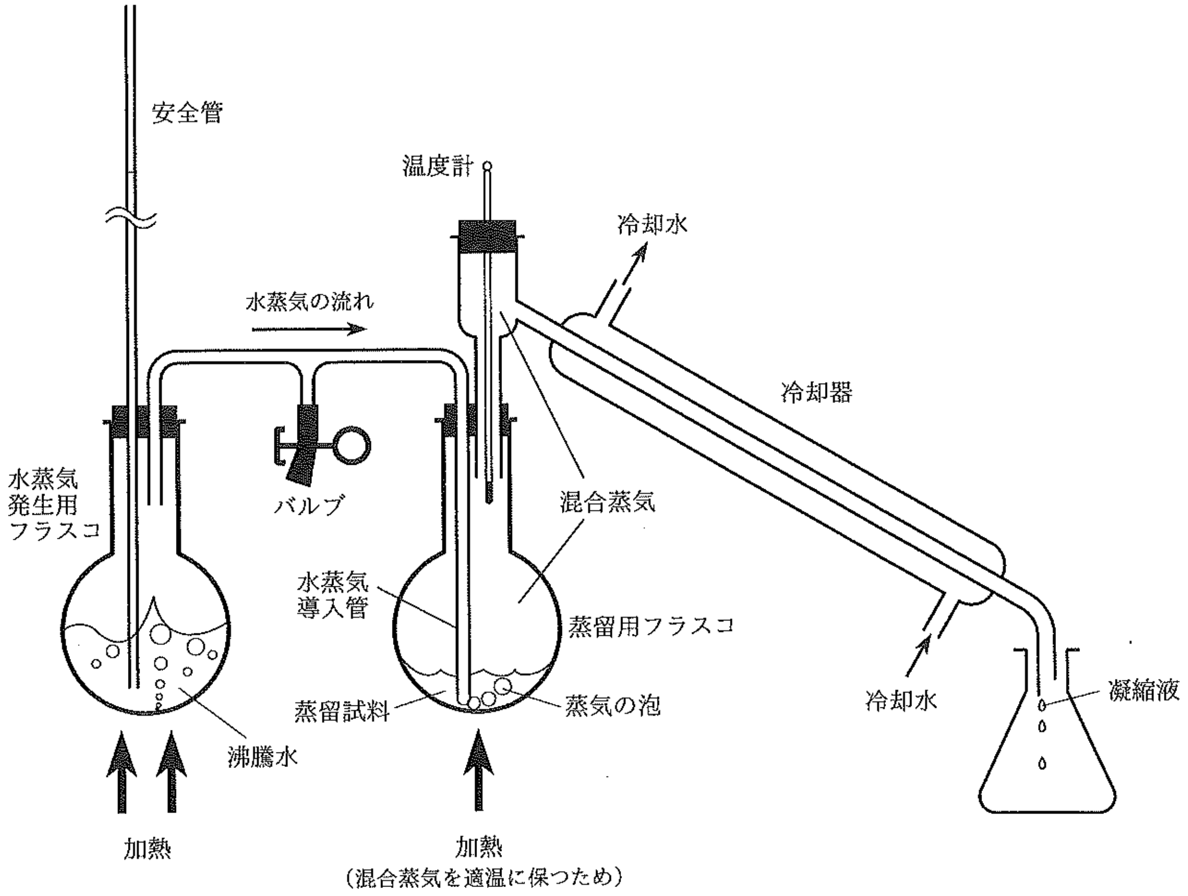


図　水蒸気蒸留装置の概略

問1　混合蒸気中における水のモル分率を x_{H_2O}，X のモル分率を x_X として，それぞれの値を書け。

問2　混合蒸気の全物質量を n〔mol〕として，その中に含まれる水の物質量 n_{H_2O}〔mol〕と X の物質量 n_X〔mol〕を，それぞれ式で示せ。

問3　全物質量 n〔mol〕の混合蒸気に含まれる水の質量を W_{H_2O}〔g〕として，W_{H_2O} を式で示せ。

問4　冷却器の中で混合蒸気は全て凝縮する。得られた凝縮液に含まれる水の質量パーセントは 75.0% であった。凝縮液には水と X 以外のものは含まれないとして，X の分子量を求めよ。

[III] 文章を読んで問いに答えよ。

ある果汁から得られた化合物 A の分子式は $C_4H_6O_5$ であった。この分子式をもつ化合物の異性体は数多くある。そこで A の構造を決定するために最初に実験(i)と(ii)を行った。

実験(i)　A の 1.34 g をエーテル中で十分な量の金属ナトリウムと反応させたところ，標準状態 (0℃，1.013×10^5 Pa) において 336 mL の水素が発生した。

実験(ii)　A を十分な量の無水酢酸と酸触媒の存在下で反応させたところ，分子式 $C_6H_8O_6$ の化合物が生じた。

実験(i)の結果，A には合計 [ア] 個の [イ] 基または [ウ] 基が存在し，実験(ii)より [エ] 個の [イ] 基があることがわかった。最終的に，A の構造を決定するために実験(iii)および(iv)を行った。

実験(iii)　A を強酸を用いて脱水すると，分子式 $C_4H_4O_4$ の化合物 B，C の 2 種が得られた。

実験(iv)　B を加熱すると分子式 $C_4H_2O_3$ の化合物 D が生成したが，C を加熱しても変化しなかった。

問 1　[ア] と [エ] に適当な数値を入れよ。

問 2　[イ] と [ウ] にあてはまるものを(あ)～(か)の中から選び記号で答えよ。

(あ)　アルデヒド	(い)　カルボキシ	(う)　ヒドロキシ
(え)　ケトン	(お)　エーテル	(か)　エステル

問 3　[イ] 基と [ウ] 基を 1 つの分子中にもつ化合物の総称を答えよ。

問4　実験(i)と(ii)の結果だけを考慮した場合，考えられるAの構造式の数を答えよ。ただし，光学異性体の関係にある化合物も1つずつ区別して数えるものとする。

問5　実験(i)と(ii)の結果だけを考慮した場合，考えられるAの構造式のうち不斉炭素原子をもたない化合物の構造式をすべて書け。

問6　BとCの名称を書け。

問7　Dの名称を書け。

問8　実験(i)～(iv)の結果により決定されたAの構造式を，不斉炭素上の置換基の位置(紙面の上下)を区別しない平面構造式で書け。

[IV] 文章を読んで問いに答えよ。

エビやカニなどの甲殻類の外骨格は，タンパク質，炭酸カルシウム，多糖類であるキチンから主に構成されている。エビやカニの甲殻からキチンをとりだすには，まず(1)希塩酸により炭酸カルシウムを除去し，続いて高温の希水酸化ナトリウム水溶液でタンパク質を除去する。キチンはセルロースに類似した構造であり，(2)創傷被覆材などに利用されている。

キチンを高温の濃水酸化ナトリウム水溶液で処理すると，キトサンとよばれる多糖類になる。キトサンはグルコサミン(グルコースの 2 位の炭素原子についたヒドロキシ基がアミノ基に変わったもの)がセルロースと同じ様式のグリコシド結合で縮合した多糖類であり，キトサンのアミノ基がアセチル化されたものがキチンである。

(3)キチンから作られたキトサンに対して，以下の実験を行った。キトサン 0.966 g を 200 mL のメスフラスコに入れ，0.5% 酢酸水溶液で溶解し 200 mL とした。一方，図のようなポリビニル硫酸カリウム 0.0810 g を 200 mL のメスフラスコに入れ，純水に溶かして 200 mL とした溶液を用意した。キトサン溶液 1.00 mL をとり，水 50 mL を加え，さらに少量のトルイジンブルーを加えたものを，ポリビニル硫酸カリウム溶液で滴定し，溶液の色が青から赤紫になったところを滴定の終点とした。この滴定は，正電荷をもった高分子であるキトサンと負電荷をもった高分子であるポリビニル硫酸が複合体をつくることに基づいており，キトサンのもつ正電荷の総量とポリビニル硫酸のもつ負電荷の総量が等しくなったところが滴定の終点である。トルイジンブルー溶液は青色であるが，トルイジンブルーが負電荷をもつ高分子と結合すると鋭敏に赤紫色に変色する。

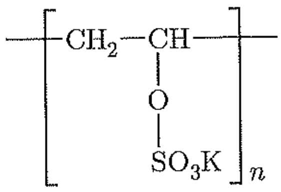
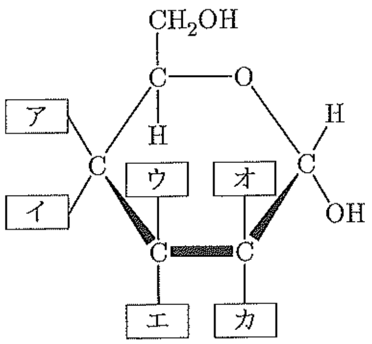


図　ポリビニル硫酸カリウム

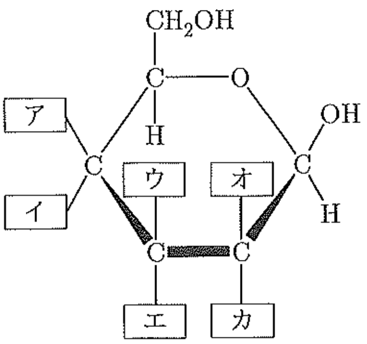
問 1　下線部(1)で起こる化学反応式を書け。

問 2　キチンのどのような性質により，下線部(2)のような利用がなされるのか書け。

問 3　下のグルコサミンの構造式の ア ～ カ に適切な原子または基を入れ，グルコサミンの構造式を完成させよ。

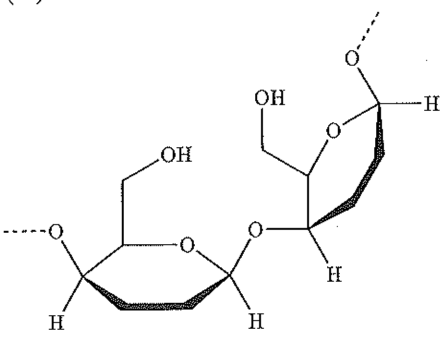


または

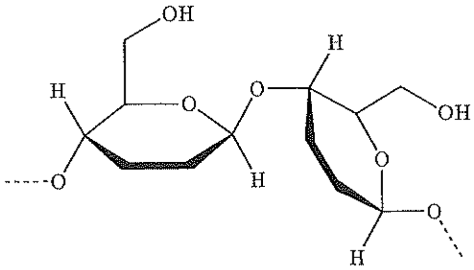


問 4　キトサンの糖と糖の結合様式は(あ)～(え)のどれか。構造式中の糖の一部の基と炭素原子 C は省略してある。また，点線は糖鎖が続いていることを意味している。

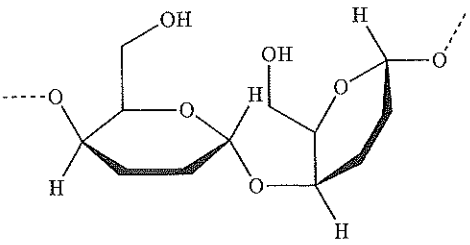
(あ)



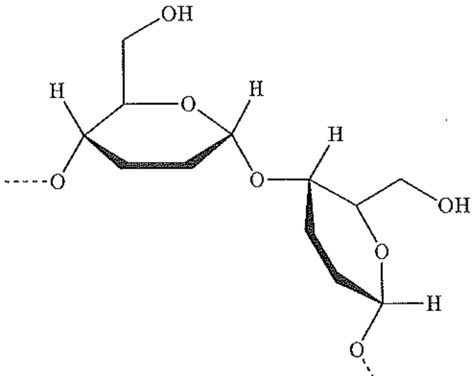
(い)



(う)



(え)



問5 下線部(3)のキトサンは元のキチンに比べて，平均重合度が少し小さくなっている。この理由を書け。

問6 下線部(3)のキトサンが，キチンのアミド結合が完全に加水分解されたものであるとすると，その後の実験で，ポリビニル硫酸カリウム溶液を何 mL 加えたところが滴定の終点になるか。有効数字3桁で答えよ。

問7 実際には下線部(3)のキトサンは，キチンのアミド結合が一部残っているものであり，ポリビニル硫酸カリウム溶液を 10.4 mL 加えたところが滴定の終点であった。元のキチンの何 % のアセチル基が残っているか。有効数字3桁で答えよ。