

山形大学

平成 25 年度入学者選抜試験問題

医学部医学科

理 科

(化 学)

前 期 日 程

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 この問題冊子の本文は 1 ページから 18 ページまでです。
- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明・落丁・乱丁、解答用紙の汚れなどに気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- 4 監督者の指示にしたがって、解答用紙に大学受験番号を正しく記入してください。
大学受験番号が正しく記入されていない場合は、採点できないことがあります。
- 5 解答用紙は 3 枚あります。Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの解答をそれぞれ別の解答用紙に記入してください。
- 6 解答用紙に印刷されている注意事項をよく読み、指示にしたがって解答してください。
- 7 試験終了後、問題冊子と下書き用紙は持ち帰ってください。

山形大学

医学部 理科（化学）

（問題訂正）

3 ページ〔I〕問2 下から 9 行目

（誤） …， 10 倍に希釈した水溶液に…

（正） …， 操作②で 10 倍に希釈した
水溶液に…

〔 I 〕 下の問い（問 1 ～ 3）に答えなさい。計算問題の解答の際は、計算の過程も記しなさい。なお、必要ならば、原子量、定数、平方根、対数および水のイオン積は次の値を使うこと。

H 1.0 O 16.0 Cl 35.5 Ca 40.0

Zn 65.4 Ag 108

ファラデー定数 9.65×10^4 C/mol

アボカドロ定数 $N_A = 6.0 \times 10^{23}$ /mol

$\sqrt{3} = 1.73$ $\log_{10} 2 = 0.30$

水のイオン積 $K_w = [H^+][OH^-] = 1.00 \times 10^{-14}$ (mol/L)² (25℃)

問 1 カルシウムとナトリウム、およびそれぞれの化合物について記述した次の文章を読み、下の（１）～（５）の問いに答えなさい。

原子番号が 20 のカルシウムはアルカリ土類金属の一つである。カルシウムには ア が同じで イ が異なる同位体が存在し、⁴⁰Ca のほかに ⁴²Ca, ⁴³Ca, ⁴⁴Ca などが知られている。カルシウムは反応性が高いため、天然には単体として存在せず、(a)炭酸塩の形で多量に産出する。弱酸の塩である(b)炭酸カルシウムは、希塩酸を加えると気体を発生して溶解する。また、(c)炭酸カルシウムは加熱により酸化カルシウムに分解する。

ナトリウムの炭酸塩である炭酸ナトリウムは加熱しても分解しない。工業的に、炭酸ナトリウムはアンモニアソーダ法（ソルベー法）によって製造される。この方法では、(d)飽和塩化ナトリウム水溶液にアンモニアを十分溶かし、二酸化炭素を通じると水に溶けにくい炭酸水素ナトリウムが沈殿することを利用している。そして、この(e)炭酸水素ナトリウムを加熱して分解することで炭酸ナトリウムを得る。

水酸化カルシウムは少し水に溶け、その水溶液は塩基性を示す。これについて調べたところ、(f)25℃における飽和水酸化カルシウム水溶液 100 g には、0.148 g の水酸化カルシウムが溶けていた。

(1) 下線部(a)について、天然に産出する炭酸カルシウムの岩石の名称を答えなさい。

(2) 同位体の説明について、次の①～⑤のそれぞれが空欄

ア

・

イ

のどちらにあてはまるかを記しなさい。

- | | | |
|-------|--------|-------|
| ①原子番号 | ②中性子の数 | ③陽子の数 |
| ④質量数 | ⑤電子の数 | |

(3) 下線部(b)～(e)の変化について、それぞれの化学反応式を記しなさい。

(4) 下線部(f)について、この温度における飽和水酸化カルシウム水溶液のモル濃度を有効数字2桁で求めなさい。なお、水溶液の密度は 1.00 g/cm^3 とする。

(5) 下線部(f)について、25℃における飽和水酸化カルシウム水溶液において、予想される pH を小数第1位まで求めなさい。なお、水酸化カルシウムは水中で Ca^{2+} と OH^- に完全に電離しているものとする。

問 2 次の実験Ⅰ・Ⅱに関する文章を読み、下の(1)～(8)の問いに答えなさい。

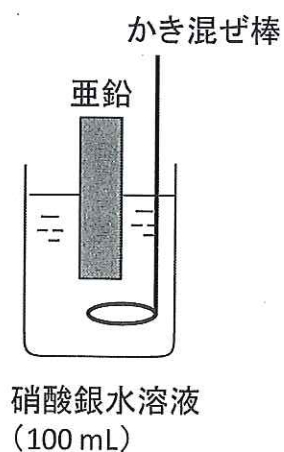


図 1 実験Ⅰ

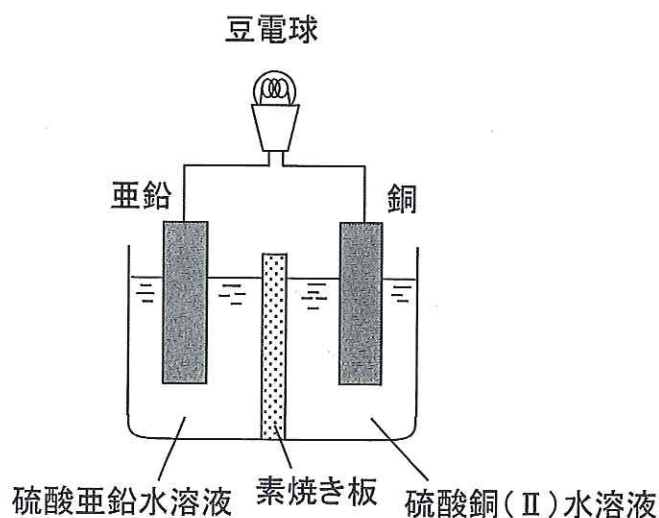


図 2 実験Ⅱ

実験Ⅰ－操作① 図1のように、ビーカーに 0.300 mol/L の硝酸銀水溶液を 100 mL 入れ、亜鉛板を浸して穏やかにかき混ぜた。

操作② 一定時間後にビーカーから亜鉛板を取り出したのち、ビーカーの水溶液を 10.0 mL 取り分け、取り分けた水溶液を 10 倍に希釈した。

操作③ (a)強い光を避けながら、10 倍に希釈した水溶液に薄い食塩水を十分加えた結果、0.287 g の沈殿が生成した。

実験Ⅱ－操作① 1.00 mol/L 硫酸亜鉛水溶液と 1.00 mol/L 硫酸銅(Ⅱ)水溶液を用意し、図2のように素焼き板をはさんで、それぞれに亜鉛板と銅板を浸した。

操作② 途中に豆電球をはさんで、亜鉛板と銅板を導線でつないだところ、豆電球が点灯した。

操作③ 豆電球を一定時間点灯させたところ、点灯前と比べて亜鉛板の質量が 0.981 g 減少した。

- (1) 実験Ⅰについて、図1のビーカー内で起こる反応の化学反応式を記しなさい。
- (2) 実験Ⅰ－操作③について、硝酸銀水溶液に食塩水を加えて沈殿が生じる反応の化学反応式を記しなさい。
- (3) 生成する沈殿の質量を正確に測るために、実験Ⅰ－操作③で下線部(a)のようにする理由を簡潔に記しなさい。
- (4) 実験Ⅰ－操作③より、ビーカー内の希釈前の硝酸銀水溶液のモル濃度を有効数字3桁で求めなさい。
- (5) 実験Ⅰ－操作③より、ビーカー内の希釈前の水溶液に溶けている亜鉛イオン Zn^{2+} のモル濃度を有効数字3桁で求めなさい。
- (6) 実験Ⅱについて、正極および負極上で起こる反応をそれぞれ、電子を含むイオン反応式で記しなさい。
- (7) 実験Ⅱ－操作③について、豆電球を流れた電気量は何 C か有効数字3桁で求めなさい。
- (8) 実験Ⅱ－操作③について、豆電球を点灯させている時間が4時間であったとき、豆電球に流れた電流は何 A か有効数字2桁で求めなさい。なお、豆電球を点灯させている間の電流は常に一定であったものとする。

問 3 鉄の結晶は，室温付近では図 1 に示すような体心立方格子の構造をとる。これについて，下の (1) ～ (4) の問いに答えなさい。

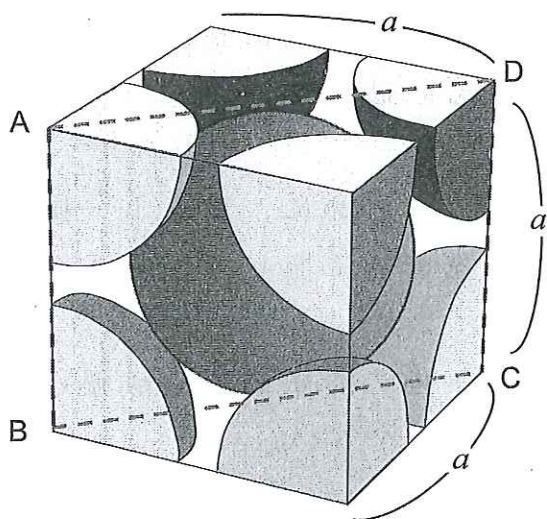


図 1

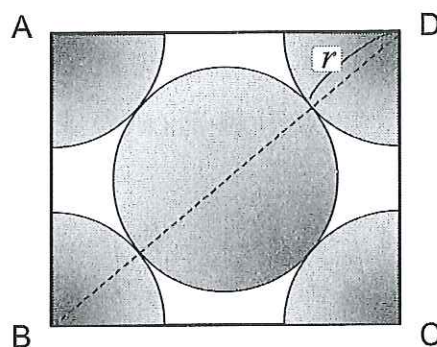


図 2

- (1) 単位格子一つあたりに含まれる鉄原子の個数を記しなさい。
- (2) a の長さ (格子定数) が 0.28 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) であるとき，鉄原子の原子半径 $r [\text{nm}]$ を有効数字 2 桁で求めなさい。なお，単位格子中の原子は，図 2 のように互いに接しているものとする。
- (3) 鉄の原子量が 56 であるとき，鉄原子 1 個あたりの質量 $[\text{g}]$ を，アボガドロ定数の記号 N_A を用いて記しなさい。
- (4) 鉄の結晶の密度 $[\text{g/cm}^3]$ を有効数字 2 桁で求めなさい。

(問題は、この用紙の後ろに続きます。)

- 〔Ⅱ〕 下の問い（問 1 ～ 3）に答えなさい。計算問題の解答の際は、計算の過程も記し、有効数字 3 桁で記しなさい。必要ならば、原子量、平方根およびファラデー定数は次の値を使うこと。

H 1.0 C 12.0 O 16.0 Na 23.0

Cu 63.5

$\sqrt{3} = 1.73$

ファラデー定数 9.65×10^4 C/mol

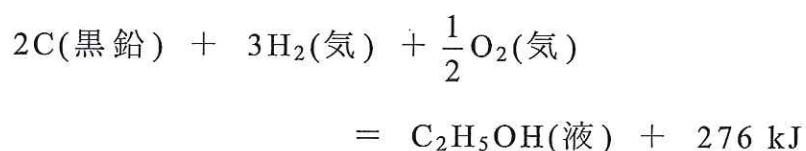
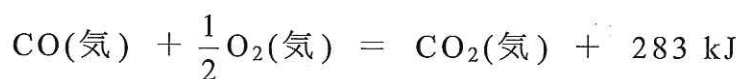
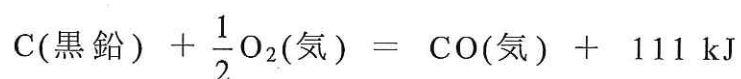
- 問 1 次の文章を読み、下の（1）～（6）の問いに答えなさい。

(a)エタノールにナトリウムを加えると、可燃性の気体を発生しながらナトリウムエトキシドが生成する。 (b)エタノールと酢酸の混合物に濃硫酸を少量加えると、エステル的一种である酢酸エチルを生成するが、この反応は反対向きにも進行する可逆反応で、やがて平衡状態に達する。

銅線をガスバーナーでよく加熱してから大気中にさらすと、表面に化合物 **A** が生成して黒色に変化する。その銅線が熱いうちにエタノールの入った試験管に入れると、エタノールは酸化されて刺激臭を持った化合物 **B** となり、銅線の表面は元の金属光沢を持った銅色になる。(c)化合物 **B** をアンモニア性硝酸銀水溶液を入れたガラス容器に少量加えて加熱すると、化合物 **B** が酸化されるとともに容器の内壁に鏡のように銀が析出する。

- （1） 化合物 **A**、**B** それぞれの名称と化学式を記しなさい。
- （2） 下線部(a)の反応式を記しなさい。また、エタノール 23.0 g と過不足なく反応するナトリウムの質量と、このとき発生する気体の標準状態（0°C, 1.01×10^5 Pa）における体積を求めなさい。

- (3) 下線部(b)の反応式を記しなさい。また、エタノール 3.00 mol と酢酸 3.00 mol を混合して、一定温度に保って平衡に達したときに、酢酸とエタノールがそれぞれ 1.00 mol 残っていた。この温度における平衡定数 K を求めなさい。ただし、反応中に溶液の体積は変化しないものとする。
- (4) 下線部(b)の反応について、エタノール 3.00 mol、酢酸 6.00 mol を (3) と同じ温度で反応させた場合、平衡に達したときに酢酸エチルは何 mol 生成するか求めなさい。ただし、反応中に溶液の体積は変化しないものとする。
- (5) 下線部(c)の反応の名称を記しなさい。また、この反応をイオン反応式で記しなさい。なお、この水溶液中では、銀イオンはジアンミン銀 (I) イオンの状態で溶解している。
- (6) 次の熱化学方程式を用いて、液体のエタノールの燃焼熱 [kJ/mol] を求めなさい。



問 2 次の文章を読み、下の（１）～（７）の問いに答えなさい。

高純度の銅は次のような手法で製造される。まず、黄銅鉱 CuFeS_2 をけい砂などとともに熔融還元して鉄分と分離し、純度 99.4% 以上の粗銅をつくる。この (a)粗銅を一方の電極、純銅をもう一方の電極として $50\sim 60^\circ\text{C}$ に保った硫酸銅（Ⅱ）の水溶液に浸し、両電極の間に $0.2\sim 0.5\text{ V}$ 程度の直流電圧をかけて電解すると、(b)粗銅が溶出して消費されると同時に純銅が析出して成長する。(c)粗銅に含まれる不純物金属の一部は硫酸銅（Ⅱ）水溶液中に溶け出し、一部は粗銅の下に沈殿するため、純度 99.99% 以上の純銅が得られる。このように電気分解によって高純度の金属を得る方法を ア という。

アルミニウムは、電気分解によって直接製造される金属で、酸化アルミニウム（化学式 **A**）が主成分であるボーキサイトが原料である。まず、ボーキサイト中の (d)酸化アルミニウム成分を濃い水酸化ナトリウム水溶液で溶解させる。続いて、この溶液から水酸化アルミニウム（化学式 **B**）を沈殿させ、これを加熱して純度の高い酸化アルミニウムを得る。酸化アルミニウムの融点は 2054°C と高いので、氷晶石 Na_3AlF_6 を混合して融点を約 950°C に下げ、融解した液体中で炭素を電極として電解する。(e)一方の炭素電極ではアルミニウムイオンが金属アルミニウムに還元され、他方の炭素電極は電極自体が一酸化炭素や二酸化炭素に酸化される。このように、金属の塩を加熱融解して電気分解する方法を イ という。

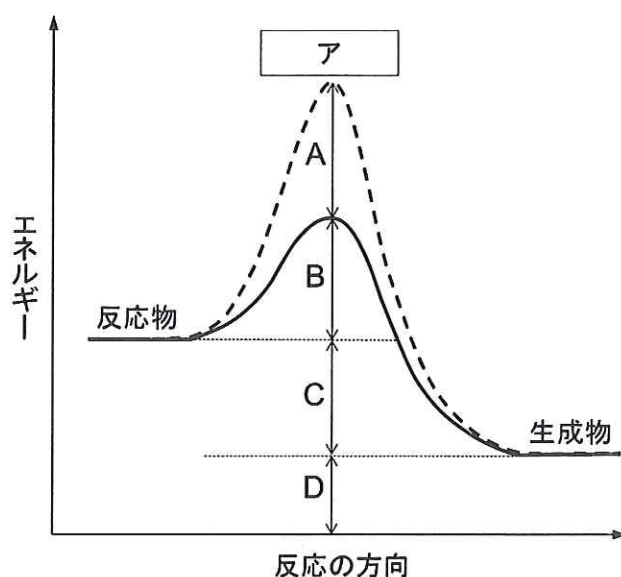
（１） 空欄 ア ・ イ それぞれに当てはまる語句を記しなさい。

（２） 化学式 **A** および **B** を記しなさい。

- (3) 下線部(a)において、粗銅と純銅のどちらが陽極でどちらが陰極となるかを記しなさい。また、それぞれの電極で起こる反応について、電子を含むイオン反応式を記しなさい。
- (4) 下線部(b)について、32分10秒間電流 0.400 A を流して電気分解を行った。析出した純銅の質量を求めなさい。
- (5) 下線部(c)について、粗銅には不純物としてさまざまな金属が含まれる。鉄、ニッケル、金、白金が含まれる場合、これらを硫酸銅(Ⅱ)水溶液中に溶解出す金属と粗銅の下に沈殿する金属に分類しなさい。また、そのように分類した理由を記しなさい。
- (6) 下線部(d)の化学反応式を記しなさい。
- (7) 下線部(e)の反応について実験を行ったところ、金属アルミニウムが 1.00 mol 得られると同時に、1.00 mol の気体が発生した。発生した一酸化炭素と二酸化炭素の物質量〔mol〕をそれぞれ求めなさい。

問 3 次の文章を読み，下の（１）～（５）の問いに答えなさい。

(a) 過酸化水素は水溶液中で酸素を発生しながら徐々に分解する。この反応は酸化マンガン（Ⅳ）を加えると進行が速くなる。この反応の進行に伴うエネルギーの変化を，酸化マンガン（Ⅳ）を加えた場合と加えない場合について示したのが以下の図である。



硫酸で酸性にした水溶液中で，過酸化水素は，(b) ヨウ化カリウムに対して酸化剤として働き，ヨウ素を生じるが，(c) 過マンガン酸カリウムに対しては還元剤として作用し，マンガン（Ⅱ）イオンを生じる。

（１） 下線部(a)の化学反応の反応式を記しなさい。

（２） 図中に ア で示した状態を何というか，その名称を記しなさい。

- (3) 次の(あ)～(え)のエネルギーの大きさは、図の A ～D を用いてどのように表されるか、下の①～⑩からそれぞれ選びなさい。

- (あ) 酸化マンガン(IV)がない時の活性化エネルギー
(い) 酸化マンガン(IV)がある時の活性化エネルギー
(う) 酸化マンガン(IV)がない時の反応熱
(え) 酸化マンガン(IV)がある時の反応熱

- | | | |
|-----------|-------|---------|
| ① A | ② A+B | ③ A+B+C |
| ④ A+B+C+D | ⑤ B | ⑥ B+C |
| ⑦ B+C+D | ⑧ C | ⑨ C+D |
| ⑩ D | | |

- (4) 下線部(b)の反応について、過酸化水素、ヨウ化カリウムについて起こる変化を、電子を含むイオン反応式でそれぞれ記しなさい。また、この酸化還元反応全体を表す化学反応式を記しなさい。

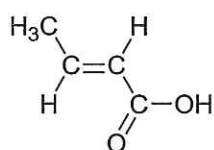
- (5) 下線部(c)の反応について、過酸化水素、過マンガン酸カリウムについて起こる変化を、電子を含むイオン反応式でそれぞれ記しなさい。また、この酸化還元反応全体を表す化学反応式を記しなさい。

〔Ⅲ〕 下の問い（問 1 ～ 3）に答えなさい。計算問題の解答の際は、計算の過程も記し、有効数字 2 桁で記しなさい。必要ならば、原子量は次の値を使うこと。

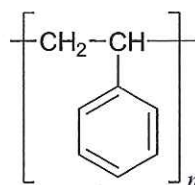
H 1.0 C 12 O 16

化合物の構造式は、次の例を参考にして記しなさい。

（例 1）



（例 2）



問 1 次の文章を読み、下の（1）～（4）の問いに答えなさい。

ニトロベンゼンを、塩酸中でスズを使って還元し、塩基性になるまで水酸化ナトリウム水溶液を加えると、化合物 **A** が生成する。化合物 **A** は水に少し溶けて塩基性を示し、さらし粉によって ア に呈色する。(a)化合物 **A** を、亜硝酸ナトリウムおよび塩酸と反応させると化合物 **B** が得られ、これに化合物 **C** と水酸化ナトリウム水溶液を加えると橙赤色の (b)p-ヒドロキシアゾベンゼンが生成する。この反応は イ と呼ばれる。

（1） 文章中の空欄 ア ・ イ に入る適切な語句を記しなさい。

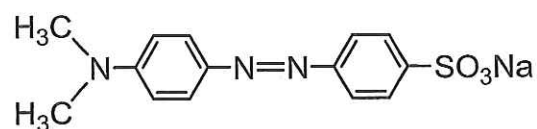
（2） 化合物 **A**, **B**, **C** の構造式と名称を記しなさい。

(3) 下線部(a)の反応を行う条件を、次の①～④から選びなさい。

- ① かき混ぜながら加熱
- ② 沸騰するまで加熱
- ③ 常温で静置
- ④ 氷水でよく冷却

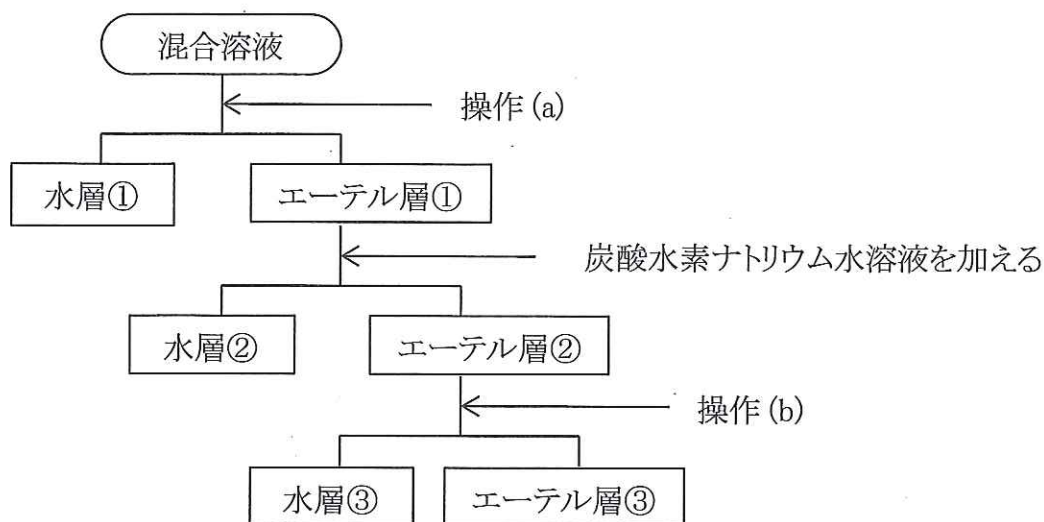
(4) 下線部(b)の *p*-ヒドロシアゾベンゼンと同じアゾ染料で、下の構造を持ち、中和滴定の指示薬にも用いられる化合物の名称を記しなさい。

構造式



問 2 次の文章を読み、下の(1)～(4)の問いに答えなさい。

安息香酸(A)，*p*-クレゾール(B)，トルエン(C)，アニリン(D)，サリチル酸(E)を含むジエチルエーテル溶液がある。これらの化合物を分離するために次の図のような操作を行った。



< 選択群 >

- (あ) 水を加えて振り混ぜる
- (い) 水酸化ナトリウム水溶液を加えて振り混ぜる
- (う) 希塩酸を加えて振り混ぜる
- (え) 氷水でよく冷却する
- (お) 加熱する

(1) 混合溶液に対して操作(a)の処理を行ったところ、アニリンが塩となって水層①に分離された。操作(a)として適切なものを選択群(あ)～(お)から選びなさい。

(2) 操作(a)で得られたエーテル層①に対して、炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると二つの化合物が水層②に分離された。それらの化合物をA～Eから選びなさい。

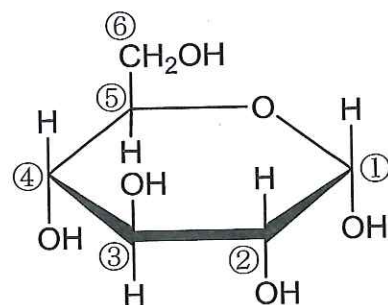
(3) エーテル層②に対して操作(b)を行うと、化合物の一つが水層③に分離された。操作(b)として適切なものを選択群(あ)～(お)から選びなさい。

また、操作(b)で分離された化合物を **A～E** から選びなさい。

(4) エーテル層③に残った化合物を **A～E** から選びなさい。

問 3 次の文章を読み、下の (1) ~ (5) の問いに答えなさい。

デンプン ($C_6H_{10}O_5$)_n は、図のような α -グルコースが多数結びついた多糖類であり、アミロースおよびアミロペクチンという二つの成分からなる。アミロースは、 α -グルコースの①の炭素原子に結合しているヒドロキシ基と



アの炭素原子に結合しているヒドロキシ基が縮合したものである。一方、アミロペクチンは、さらに α -グルコースの①の炭素原子に結合しているヒドロキシ基と **イ**の炭素原子に結合しているヒドロキシ基との縮合も含まれ、枝分かれした鎖状構造である。ヒトに摂取されたデンプンは、だ液やすい液中の **ウ**の作用により二糖類である **エ**に加水分解され、さらに腸液に含まれる **オ**によってグルコースに分解される。

また、野菜など食物繊維を多く含む食品には、デンプンと同じ多糖類であるセルロースが含まれている。セルロースはデンプンの異性体であり、同じ分子式で表すことができる。

(1) 文章中の空欄 **ア**・**イ**には構造式中に番号を付した炭素の番号が入る。適切な数字を記しなさい。

(2) 文章中の空欄 **ウ**・**オ**には酵素名が入る。適切な酵素を記しなさい。

(3) 文章中の空欄 **エ**に入る化合物の名称を記しなさい。

(4) デンプンおよびセルロースにヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えた。デンプンは青～青紫に呈色したが、セルロースは呈色しなかった。その理由を簡潔に記しなさい。

- (5) デンプン 10.8 g を含む水溶液に希硫酸を加えて加熱し、グルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ まで完全に加水分解すると何 g のグルコースが得られるか求めなさい。