

平成 22 年度 入学試験問題

理 科

Ⅰ 物 理 ・ Ⅱ 化 学  
Ⅲ 生 物 ・ Ⅳ 地 学

2 月 25 日 (木) (情—自然) 13 : 45—15 : 00

(理・医・工・農) 13 : 45—16 : 15

注 意 事 項

1. 試験開始の合図まで、この問題冊子と答案冊子を開いてはいけない。
2. 問題冊子のページ数は、51 ページである。
3. 問題冊子とは別に、答案冊子中の答案紙が理学部志望者と情報文化学部自然情報学科志望者には 16 枚(物理 3 枚, 化学 5 枚, 生物 3 枚, 地学 5 枚), 医学部志望者と農学部志望者には 11 枚(物理 3 枚, 化学 5 枚, 生物 3 枚), 工学部志望者には 8 枚(物理 3 枚, 化学 5 枚)ある。
4. 落丁, 乱丁, 印刷不鮮明の箇所などがあつたら, ただちに申し出よ。
5. 情報文化学部自然情報学科志望者は, 物理, 化学, 生物, 地学のうち 1 科目を選択して解答せよ。  
理学部志望者は, 物理, 化学, 生物, 地学のうち 2 科目を選択して解答せよ。ただし, 物理, 化学のいずれかを必ず含むこと。  
医学部志望者と農学部志望者は, 物理, 化学, 生物のうち 2 科目を選択して解答せよ。  
工学部志望者は, 物理と化学の 2 科目を選択して解答せよ。
6. 解答にかかる前に, 答案冊子左端の折り目をていねいに切り離し, 自分が選択する科目の答案紙の, それぞれの所定の 2 箇所に受験番号を記入せよ。選択しない科目の答案紙には, 大きく斜線を引け。
7. 解答は答案紙の所定の欄に記入せよ。所定の欄以外に書いた解答は無効である。
8. 答案紙の右寄りに引かれた縦線より右の部分には, 受験番号のほかは記入してはいけない。
9. 問題冊子の余白は草稿用として使用してもよい。
10. 試験終了後退室の許可があるまでは, 退室してはいけない。
11. 答案冊子および答案紙は持ち帰ってはいけない。問題冊子は持ち帰ってもよい。

# II

# 化 学

---

- (1) 問題は、次のページから書かれていて、I, II, III, IV, Vの5題ある。5題すべてに解答せよ。
- (2) 解答は、答案紙の所定の欄の中に入れよ。文字や記号はまぎらわしくないようにはっきり記せ。

## 化学 問題 I

水に関する以下の文章を読んで、設問(1)~(4)に答えよ。

水は酸素と水素の共有結合によってできた分子であり、氷は水分子が水素結合によって規則正しく配列した結晶である。氷の結晶構造には様々なものが知られている。図1はそのうちのひとつで、立方体の単位格子中にある酸素の位置のみを示している。この酸素の配置は、ダイヤモンド中の炭素の配置と同一で、すき間の多い構造である。

図2は水の状態図と呼ばれるもので、温度と圧力によって水がどのような状態にあるかを示している。水と水蒸気を分ける曲線は蒸気圧曲線で、水と氷を分けるのは  曲線である。また図2中の点Aから点Bへの変化では、氷が直接水蒸気になる。この状態変化は  と呼ばれる。

曲線の傾きが負であることから、 $0^{\circ}\text{C}$ 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  の状態にある氷におもりをのせると  することが分かる。この負の傾きは、氷が溶けると水素結合が切れてすき間が埋められ、体積が  することに関係している。

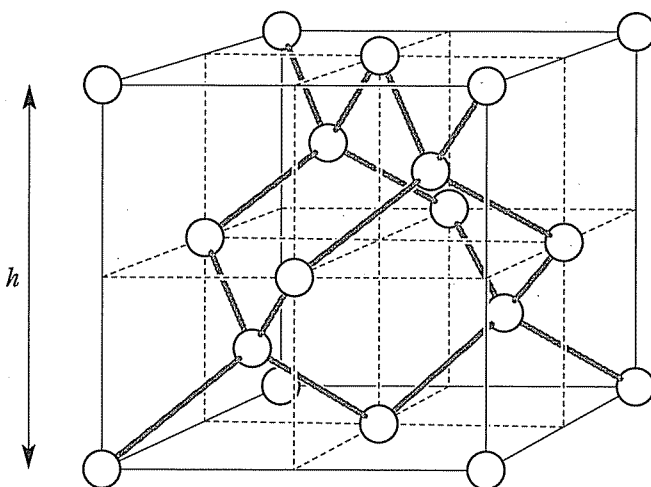


図1 氷の結晶構造(水素原子は省略してある)。○は酸素原子を表し、太線は最近接の酸素原子間を結んだものである。

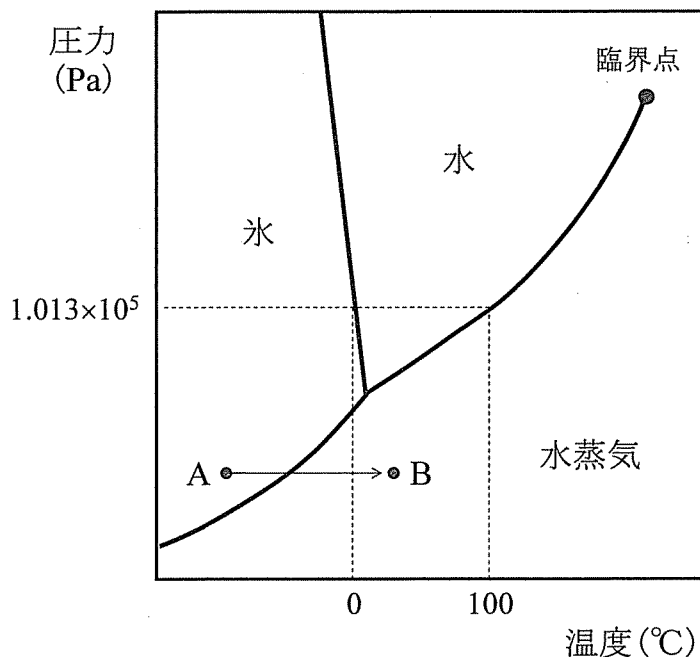


図2 水の状態図

設問(1)：(ア)～(ウ)に該当する語句を記せ。

設問(2)：図1の結晶構造をもつ氷において、共有結合の長さ和水素結合の長さの和を求めよ。ただし、結合の長さは原子中心間の距離とせよ。また、単位格子の辺の長さを $h$ とし、水素原子は近接した酸素原子間を結ぶ線上に存在すると仮定せよ。

設問(3)：容積1.0 Lの容器に水と窒素ガスを0.10 molずつ入れて密封し、100 °Cで放置した。以下の(i)と(ii)に答えよ。ただし、水蒸気と窒素ガスは理想気体とし、水の体積や、窒素ガスの水への溶解は無視せよ。また、気体定数は $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ である。

- (i) 平衡に達した後の容器内の状態は、(a)気体のみ、(b)液体と気体が共存する状態、のいずれかを記号で答えよ。そう考える理由も記すこと。
- (ii) 平衡状態で、容器内の全圧は何 Pa か。有効数字2桁で答えよ。

設問(4)：図3は、図2の蒸気圧曲線の拡大図(100℃付近)である。この温度領域において、水に少量の不揮発性物質を溶かしたある溶液の蒸気圧は、水に比べ  $0.007 \times 10^5 \text{ Pa}$  だけ減少していた。常圧 ( $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ ) では、この溶液の沸点は何℃になるか、小数点以下第1位まで答えよ。ただし、この蒸気圧降下は温度によらず一定であり、また蒸気圧曲線は直線であると仮定せよ。

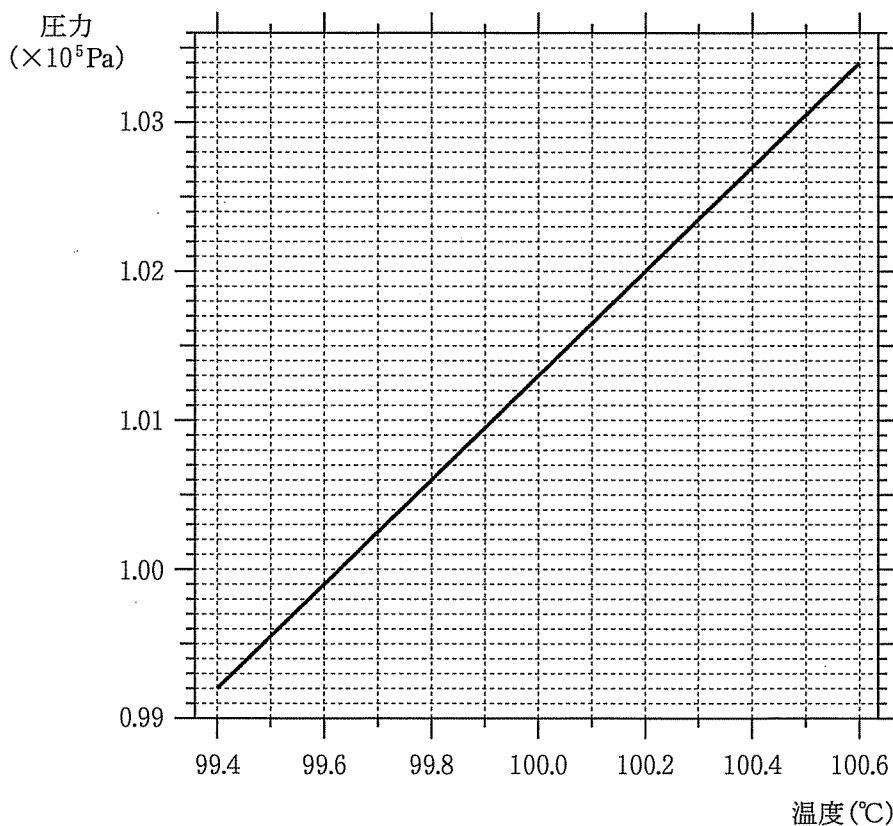


図3 図2の100℃付近の拡大図

# 草稿用紙

(切りはなしてはならない)

## 化学 問題Ⅱ

問 1 次の文章を読んで、設問(1)～(5)に答えよ。

我々は石油や天然ガス(主成分：メタン)などの化石燃料を燃焼したときに発生する熱エネルギーを産業や生活に利用している。近年、燃焼によって生じた二酸化炭素  $\text{CO}_2$  による大気中の  $\text{CO}_2$  濃度の上昇が地球温暖化の一因として問題になっており、代替エネルギー源のひとつとして植物から生産したエタノールの利用が検討されている。完全燃焼によって同量の熱エネルギーを得る際に生じる  $\text{CO}_2$  の物質量は、エタノールよりも天然ガスの方が小さい。ただし、植物の光合成で新たにつくられた有機物からエタノールを生産する場合には、そのエタノールの燃焼によって生じる  $\text{CO}_2$  量は植物が取り入れた  $\text{CO}_2$  量を上回ることはない。

大気中の  $\text{CO}_2$  は雨滴に接すると、いくらか雨滴に溶け込む。溶け込んだ  $\text{CO}_2$  の一部は水と反応して化合物 A を生じ、A は 2 段階に電離する。大気中の  $\text{CO}_2$  濃度が上昇し、 $\text{CO}_2$  の分圧が増大すると、雨水の pH は (ア) なる。また、気温が高くなると  $\text{CO}_2$  の溶解度は (イ) なるなど、気温の変化も雨水の pH に影響を与える。

表 1 燃焼熱

物質	燃焼熱 (kJ/mol)
メタン	880
エタン	1550
エタノール	1370

表 2 結合エネルギー

結合	結合エネルギー (kJ/mol)
C—H	390
O—H	460
O=O	500

設問(1)：表1のエタンおよびエタノールの燃焼熱と表2の各結合エネルギーを用いて、エタノール分子のC—Oの結合エネルギーを求めよ。その導出過程も示せ。

設問(2)：表1を利用して、下線部①の内容が正しいことを計算により示せ。ただし、天然ガスはメタンのみでできているとせよ。

設問(3)：(ア)と(イ)に該当する語句を記せ。なお、ここでは、CO<sub>2</sub>以外の物質の影響は考慮しない。

設問(4)：化合物Aの化学式を用いて下線部②を電離式で記せ。

設問(5)：雨水中のAの濃度を $10^{-4.8}$  mol/L、Aの電離における第1段階の電離定数を $K_1 = 10^{-6.4}$  mol/L、としたときの雨水のpHを有効数字2桁で求めよ。ただし、第2段階の電離は考慮しなくてよい。他の物質の影響はないものと考えよ。

問 2 次の文章を読んで、設問(1)～(3)に答えよ。

あるアルカリ金属イオンの塩 **B** を水に溶かして飽和水溶液を調製した。ここに塩化水素ガスを吹き込んだところ、共通イオン効果のために沈殿が生じた。これは、ルシャトリエの原理に基づき、水溶液中で (ア) の濃度増加を緩和する方向に塩 **B** の (イ) が移動したためである。塩 **B** は、赤色の炎色反応を示した。また、塩 **B** の熔融塩電解によって得られたアルカリ金属の単体は、灯油(密度約  $0.87 \text{ g/cm}^3$ )に浮かんだ。

設問(1)：塩 **B** を化学式で記せ。

設問(2)：(ア)と(イ)に該当する語句を記せ。

設問(3)：以下の実験操作 1～4のうち、共通イオン効果とは異なる理由で沈殿が生じるものをすべて選び、その沈殿が生成する反応をそれぞれ反応式で示せ。

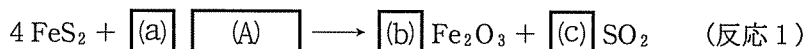
1. 塩化カルシウムの飽和水溶液に硝酸カルシウムを加える。
2. 塩化カルシウムの飽和水溶液に硝酸銀を加える。
3. 水酸化カルシウムの飽和水溶液に二酸化炭素を吹き込む。
4. 水酸化カルシウムの飽和水溶液に酸化ナトリウムを加える。

草 稿 用 紙  
(切りはなしてはならない)

## 化学 問題Ⅲ

問 1 次の文章を読んで、設問(1)~(4)に答えよ。

硫酸は、工業的には接触法という方法で製造されている。黄鉄鉱  $\text{FeS}_2$  を原料に用いた場合の製造過程では、最初に  $\text{FeS}_2$  を燃焼炉で燃焼させ、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  と  $\text{SO}_2$  を得る(反応1)。



次に、 $\text{V}_2\text{O}_5$  を  $\boxed{\text{(ア)}}$  として、生成した  $\text{SO}_2$  を空気中の酸素と反応させて、 $\boxed{\text{(イ)}}$  を得る。 $\boxed{\text{(イ)}}$  を直接水と反応させると霧状になってしまうため、生成する硫酸の濃度が低くなる。それを避けるために、 $\boxed{\text{(イ)}}$  を  $\boxed{\text{(ウ)}}$  に溶かして発煙硫酸とし、さらにこれを  $\boxed{\text{(エ)}}$  で薄めて製品とする。

設問(1)：(a)~(c)に適切な係数を、(A)に化学式を入れて化学反応式を完成させよ。

設問(2)：(ア)~(エ)に該当する語句を記せ。

設問(3)： $\text{SO}_2$  の性質として、正しくないものをすべて選べ。

1. 刺激臭のある無色の気体である。
2. 水に溶けると酸性を示す。
3. 赤い花びらを漂白する。
4. 硫化水素との反応により、単体の硫黄が生成する。
5. 酸性溶液中の過マンガン酸カリウムとの反応により、酸素が発生する。

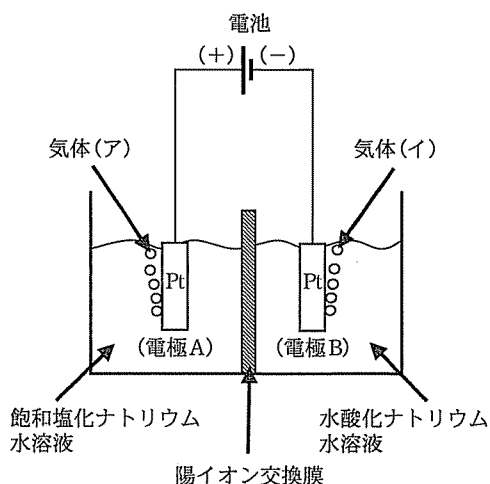
設問(4)：(ウ)はその特性から乾燥剤として用いられる。(ウ)を用いて乾燥することができない気体を、次の中から1つ選べ。また、その理由を20字以内で答えよ。

水素，メタン，アンモニア，塩化水素，二酸化硫黄

問 2 次の文章を読んで、設問(1)~(4)に答えよ。

右図のような装置を用いて電気分解を行ったところ、白金電極 A から気体(ア)が、白金電極 B から気体(イ)が、それぞれ発生した。気体(ア)および気体(イ)は、それぞれ純物質であり、反応前後で白金電極に質量変化はなかった。

捕集した気体(ア)を水に溶かすと、その一部は水と反応した。一方、空気中での加熱で表面が黒色になった銅線と気体(イ)を、加熱しながら反応させると、金属銅の光沢が得られた。



設問(1)：電極 A および電極 B で起こる化学反応を、電子  $e^-$  を含むイオン反応式で記せ。また、両極で起こる反応をあわせた全体の反応の化学反応式を記せ。

設問(2)：5.00 A の電流を流して電気分解を行ったとき、電極 B から発生する気体(イ)を 0.100 mol 得るためには何秒必要か、有効数字 3 桁で求めよ。

ただし、ファラデー定数は  $F = 96500 \text{ C/mol}$  とする。

設問(3)：下線部①の反応で生成する化合物のひとつは非常に強い酸化力を示す。この化合物の名称を答えよ。また、この化合物が酸化剤として水溶液中ではたらくときの反応を、電子  $e^-$  を含むイオン反応式で記せ。

設問(4)：下線部②の反応を化学反応式で記せ。

# 草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)

## 化学 問題Ⅳ

次の文章を読んで、設問(1)～(6)に答えよ。

ベンゼンの水素原子の1つがヒドロキシ基に置換されたフェノールは、工業的には大部分がベンゼンとプロピレンを原料とした  法により合成される。フェノールはアルコールとしての性質をもつため、ナトリウムと反応するとAを生じ、また、無水酢酸と反応させるとBが生成する。しかし、フェノールは、メタノールやエタノールなどのアルコールとは大きく異なり、<sup>①</sup>酸としての性質ももつ。また、フェノールのベンゼン環の水素原子は、ヒドロキシ基の効果により著しく置換されやすくなっている。例えば、フェノールに臭素水を加えると、1つの臭素原子との置換では止まらず、<sup>②</sup>3つの水素原子が臭素原子に置換された化合物Cを生じる。Aの場合には、フェノールよりもさらに置換反応がおこりやすくなっており、この性質を利用してAからサリチル酸が合成されている。置換反応がおこる位置も<sup>③</sup>重要である。化合物Cの構造から、フェノールの臭素化はヒドロキシ基の  位と  位でおこりやすいことがわかる。この傾向は、フェノールとホルムアルデヒドとの酸触媒を用いた  重合でも見られる。この場合、まず  位で反応が進行して高分子Dが生成し、これに硬化剤を加えて加熱することにより、 位で結合した  構造をもつフェノール樹脂が生成する。この樹脂は電気絶縁性材料として広く用いられている。

設問(1)：(ア)～(オ)に該当する語句を記せ。

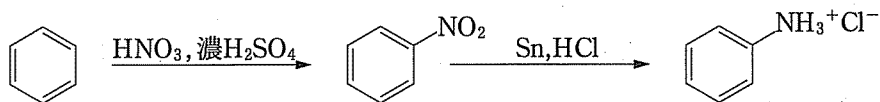
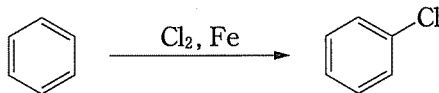
設問(2)：化合物A、Cの名称を記せ。また、B、Dの構造式を記せ。

設問(3)：下線部①に関連して、フェノール、酢酸、炭酸、ベンゼンスルホン酸を酸の強い順に並べよ。

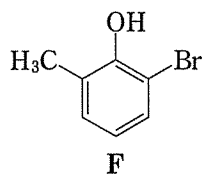
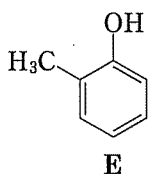
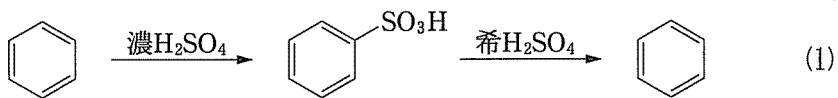
設問(4)：下線部②について、フェノールから化合物Cを生じる化学反応式を記せ。

設問(5)：下線部③において，化合物 A からサリチル酸を合成する方法を次の例にならって記せ。

例



設問(6)：下線部②について，フェノール類のベンゼン環の1つの水素原子のみを臭素原子で置換することを考えてみよう。ここで参考になるのが，ベンゼンのスルホン化である。反応式(1)に示すように，ベンゼンを濃硫酸と反応させるとベンゼンスルホン酸が得られる。この生成物を希硫酸中で加熱すると，ベンゼンが再び生成する。この知見をもとに，クレゾール E から化合物 F を効率よく合成する方法を，設問(5)に記載の例にならって記せ。ただし，フェノールのスルホン化はヒドロキシ基の(ortho)位でおこなうことが知られている。



## 化学 問題 V

次の文章を読んで、設問(1)～(6)に答えよ。

グルコース(ブドウ糖)は、ヒトにとって最も重要な単糖であり、食品中に多く含まれる。グルコースの重要な化学的性質は還元性をもつことであり、フェーリング液を加えて加熱すると赤色沈殿を生じる。また、アンモニア性硝酸銀水溶液と反応して銀を析出させる。<sup>①</sup>

グルコースを含む二糖類として、マルトース、ラクトース、 があげられるが、これらは、2つの単糖がグリコシド結合によりつながった構造をもつ。マルトースやラクトースの水溶液は還元性を示すが、 の水溶液は示さない。<sup>②</sup>  
 に  という酵素を作用させると、グルコースとフルクトースを生じる。この反応で生じたグルコースとフルクトースの等量混合物は  と呼ばれ、甘味料として多く用いられている。

穀物中にはグルコースの多糖であるデンプンが多く含まれている。デンプンは、 と  を成分としており、ヨウ素デンプン反応では  は赤紫色を示し、 は青色(濃青色)を示す。ヒトの肝臓や筋肉にはグルコースの多糖で多数の枝分かれ構造をもつ  が含まれる。

デンプン溶液は還元性をもたないが、デンプンを  溶液中でおだやかに加温して加水分解するか、唾液や膵液中に分泌される酵素である  を十分に作用させた後では、還元性をもつ。

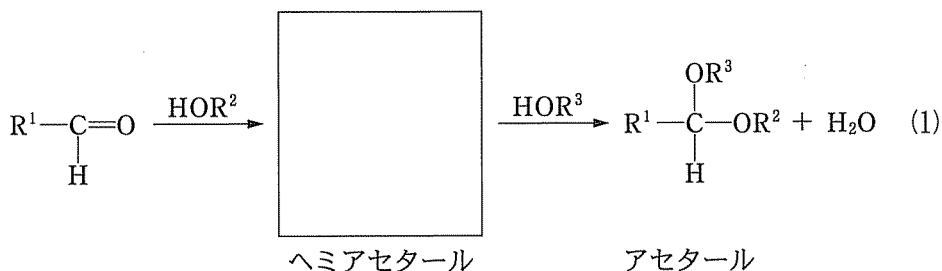
ヒトの細胞内では、グルコースは好気呼吸で代謝されエネルギーを発生する。この代謝は、酸素を必要としない過程と必要とする過程にわけられ、前者は  と呼ばれる。一方、酵母などの微生物は嫌気呼吸でもグルコースを分解する。なかでも、グルコースの分解によりエタノールと炭酸ガスを生じる嫌気呼吸を  と呼ぶ。<sup>⑤</sup>

設問(1)：(ア)～(コ)に該当する語句を記せ。

設問(2)：下線部①の化合物の化学式を記せ。

設問(3)：下線部②の反応の名称を記せ。

設問(4)：下線部③のグリコシド結合は、アセタール結合の一種である。以下の反応式(1)のように、アセタールの生成では、カルボニル基の二重結合にアルコールが付加してヘミアセタールと呼ばれる中間体を生じ、さらにもう1分子のアルコールと反応して1分子の水が取れる。この反応において、環状構造のグルコースはヘミアセタールに相当する。反応式(1)のヘミアセタールの構造式をアセタールにならって記せ。



設問(5)：下線部④に関連して、(ア)を構成しているグルコース単位とフルクトース単位の構造について正しいものを以下の(a)～(d)の中から選択せよ。

- (a) グルコース単位とフルクトース単位の両方とも鎖状構造をとれる。
- (b) グルコース単位は鎖状構造をとれるが、フルクトース単位は鎖状構造をとれない。
- (c) フルクトース単位は鎖状構造をとれるが、グルコース単位は鎖状構造をとれない。
- (d) グルコース単位とフルクトース単位の両方とも鎖状構造をとれない。

設問(6)：下線部⑤の反応の化学反応式を記せ。さらに、この反応で90 gのグルコースから得られるエタノールは何gになるか、有効数字2桁で答えよ。原子量はH=1.0，C=12，O=16とする。

# 草稿用紙

(切りはなしてはならない)