

平成 30 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(日)(情—自然) 13:45—15:00

(情—コン・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、59 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学部自然情報学科とコンピュータ科学科志望者には 20 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 4 枚、地学 8 枚)、医学部志望者と農学部志望者には 12 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 4 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。
情報学部コンピュータ科学科志望者は、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、物理を必ず含むこと。
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、答案紙の所定の欄に書き入れよ。文字や記号はまぎらわしくないように、はっきりとていねいに記せ。
- (3) 字数を指定している設問の解答では、解答欄の1マスに一つの文字を書くこと。句読点、数字、アルファベット、記号はすべて1字とみなせ。

例) 15℃, $\text{Mg}(\text{OH})_2$, ガス, 溶解, $1.0 \times 10^{-1} \text{ Pa}$ 。

1	5	°	C	,	M	g	(	O	H	)	₂	,	ガ	ス
,	溶	解	,	1	.	0	×	1	0	-	¹	P	a	。

- (4) 必要なときは次の値を用いよ。

原子量 ; $\text{H} = 1.00$, $\text{C} = 12.0$, $\text{N} = 14.0$, $\text{O} = 16.0$, $\text{Cd} = 112$

理想気体のモル体積 ; 22.4 L/mol (0°C , $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$)

対数 ; $\log_{10} 2.0 = 0.30$, $\log_{10} 2.5 = 0.40$, $\log_{10} 3.0 = 0.48$,

$\log_e 2.0 = 0.69$, $\log_e 2.5 = 0.92$, $\log_e 3.0 = 1.1$

平方根 ; $\sqrt{3.0} = 1.7$, $\sqrt{3.5} = 1.9$, $\sqrt{5.0} = 2.2$, $\sqrt{10} = 3.2$

25°C での水のイオン積 ; $1.00 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$

化学 問題 I

次の文章を読んで、設問(1)～(5)に答えよ。

原子間の化学結合と物質の性質について考える。ナトリウム Na 原子は ア が小さいため、価電子を一個放出して一価の陽イオンになりやすい。Na 結晶中では、価電子がすべての Na 原子に共有され、原子同士を結びつける働きをしている。このような結合を イ 結合という。単体の Na と塩素 Cl_2 を反応させると塩化ナトリウム NaCl が生じる。NaCl 結晶中では、ナトリウムイオン Na^+ と塩化物イオン Cl^- が静電的に引き合うことで結合している^①。このような結合をイオン結合という。Na 結晶は電気の良い導体であるが、NaCl 結晶はほとんど電気を導かない。

^② Cl_2 、水 H_2O 、二酸化炭素 CO_2 などの分子は、複数の原子が価電子を出しあって共有電子対をつくり結合しており、このような結合を共有結合という。異なる二原子間の共有結合では、共有電子対は一方の原子に引きよせられる。このように原子が電子対を引き寄せる強さの程度を電気陰性度という^③。共有電子対が一方の原子に偏っているとき、「結合に極性がある」という。二原子分子では、共有結合の極性が分子の極性となる。一方、多原子分子では、分子の極性は、結合の極性と分子の形の影響を受ける^④。

設問(1)：文中の空欄 ア と イ にあてはまる最も適切な語句を記せ。

設問(2)：下線①について、 Na^+ および Cl^- と同じ電子配置の元素をそれぞれ元素記号で記せ。

設問(3)：下線②について、NaCl が結晶のままではほとんど電気を導かない理由を 25 字以内で説明せよ。

設問(4)：下線③について，原子 A と原子 B からなる二原子分子 AB の生成熱と電気陰性度には次の関係があるとする。

$$\Delta E = E_{(A-B)} - \frac{1}{2}(E_{(A-A)} + E_{(B-B)}) = \beta(x_A - x_B)^2 [\text{kJ/mol}]$$

ここで， ΔE は，分子 AB の生成熱， $E_{(A-B)}$ ， $E_{(A-A)}$ ， $E_{(B-B)}$ は，それぞれ分子 AB， A_2 ， B_2 の結合エネルギー， x_A および x_B は，それぞれ原子 A および原子 B の電気陰性度である。また， β は，正の定数である。表 1 に水素 H，フッ素 F，塩素 Cl，臭素 Br，ヨウ素 I の各原子からなる分子の結合エネルギーを示す。これらの原子のうち，H の電気陰性度は最も小さい。

- (i) 表 1 の値を用いて，フッ化水素 HF，塩化水素 HCl，臭化水素 HBr，ヨウ化水素 HI の ΔE をそれぞれ有効数字 2 桁で求めよ。
- (ii) F，Cl，Br，I の各原子の電気陰性度の大きさを考え，F—Cl 結合，Cl—Br 結合，Br—I 結合，Cl—I 結合を極性が大きい順にならべよ。

表 1 二原子分子の結合エネルギー

分子	結合エネルギー [kJ/mol]	分子	結合エネルギー [kJ/mol]
H ₂	432		
F ₂	160	HF	566
Cl ₂	240	HCl	426
Br ₂	190	HBr	360
I ₂	149	HI	294

設問(5)：下線④について，炭素 C 原子と Cl 原子の電気陰性度の差は大きい，四塩化炭素 CCl₄ 分子は無極性分子である。無極性分子である理由を 40 字以内で説明せよ。

化学 問題Ⅱ

問 1 プレンステッドとローリーの定義に基づいた酸および塩基について、(a)～(f)を読み、正しいものには「正」に○をつけよ。また、誤りであるものには「誤」に○をつけた上で、誤りである理由を簡潔に説明せよ。

- (a) 水中でのアンモニア NH_3 の電離は、次式の電離平衡で示される。

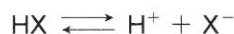


この反応で、水 H_2O とアンモニウムイオン NH_4^+ は酸であり、 NH_3 と水酸化物イオン OH^- は塩基である。

- (b) 水中での電離定数は、 NH_3 の方がアニリン $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ よりも大きい。それぞれ 0.01 mol/L の水溶液を調製したとき、 NH_3 を溶解した水溶液の方が pH が大きくなる。

- (c) OH^- は塩基として振る舞うことがあるが、 H_2O は水素イオンを電離するため酸であり、塩基になることはない。

- (d) 水中での弱酸 HX の電離平衡において、



水溶液の pH が大きくなると右側に、pH が小さくなると左側に、平衡が移動する。 HX の電離定数 K_a の値は、水溶液中で HX と X^- の濃度が等しくなるときの、水溶液中の水素イオン濃度の値に等しい。

- (e) 塩化水素 HCl は強酸であるが、その水溶液中で、塩化物イオン Cl^- の濃度と水素イオン H^+ の濃度は、必ずしも一致しない。
- (f) 弱酸 HX が H^+ と X^- に電離する反応の速度定数を k_1 、 H^+ と X^- が HX に結合する反応の速度定数を k_2 としたとき、 HX の電離定数は $k_1 \times k_2$ で表される。

問 2 次の文章を読んで、設問(1)～(5)に答えよ。

過酸化水素 H_2O_2 水溶液に触媒を加えたところ酸素 O_2 が発生し、以下のような化学反応が進むことがわかった。



さまざまな濃度の H_2O_2 水溶液を用いて実験を行った。反応を開始してからの時間 t 秒(以下 $t[\text{s}]$)後に発生した O_2 の体積 $[\text{L}]$ を測定した結果、 H_2O_2 の分解速度 $v[\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})]$ が $t[\text{s}]$ 後の H_2O_2 の濃度 $[\text{H}_2\text{O}_2]_t[\text{mol}/\text{L}]$ を用いて、(II)式に示す反応速度式で表されることがわかった。

$$v = (3.0 \times 10^{-3}) [\text{H}_2\text{O}_2]_t \quad (\text{II})$$

(II)式から $t[\text{s}]$ 後の $[\text{H}_2\text{O}_2]_t$ は(III)式のように導かれる。 C は定数である。

$$\log_e [\text{H}_2\text{O}_2]_t = -(3.0 \times 10^{-3})t + C \quad (\text{III})$$

$t = 0$ の H_2O_2 濃度を $[\text{H}_2\text{O}_2]_0$ とし、 $t = a$ の H_2O_2 濃度を $[\text{H}_2\text{O}_2]_a$ とすると、(IV)式が得られる。

$$\log_e \boxed{\text{ア}} = -(3.0 \times 10^{-3})a \quad (\text{IV})$$

ここで、 H_2O_2 濃度が $[\text{H}_2\text{O}_2]_0$ の半分になる時間を $t_{1/2}[\text{s}]$ とする。なお、この反応過程で H_2O_2 水溶液の体積変化はないものとする。また、 O_2 は理想気体であり、 H_2O_2 水溶液への溶解はないものとする。

(次頁に続く)

設問(1) : H_2O_2 について、構造式と酸素原子の酸化数を記せ。

設問(2) : 文中の空欄 ア にあてはまる最も適切な式を答えよ。

設問(3) : $[\text{H}_2\text{O}_2]_0 = 2.0 \text{ mol/L}$ の H_2O_2 水溶液 10 mL を反応させた場合の $t_{1/2}[\text{s}]$ を有効数字 2 桁で求めよ。

設問(4) : $[\text{H}_2\text{O}_2]_0 = 1.0 \text{ mol/L}$ の H_2O_2 水溶液 10 mL を反応させた場合の $t_{1/2}[\text{s}]$ を有効数字 2 桁で求めよ。

設問(5) : $[\text{H}_2\text{O}_2]_0 = A [\text{mol/L}]$ の H_2O_2 水溶液 1.00 L から O_2 を発生させた場合、 $t = 0$ から $t = n \times t_{1/2}$ (n は 0 以上の整数とする) までに発生した O_2 の 0°C 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ での体積 [L] を、 A と n を用いて表せ。

草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)

化学 問題Ⅲ

次の文章を読んで、設問(1)～(5)に答えよ。

工場や事業所から排出される物質には、様々な規制がある。

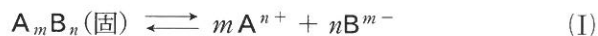
排水中に含まれる有害物質は、許容限度以下で排出することが法令で定められている。対象となる物質には、カドミウム Cd、鉛 Pb、クロム Cr を含む物質などがある。

Cd は、ニッケル・カドミウム電池などに用いられ、周期表では同じ 12 族の元素である ア と イ の間に位置する。ア と銅 Cu の合金は黄銅とよばれる。イ と硫黄 S の化合物は朱とよばれる赤色顔料として用いられる。Cd 及びその化合物の許容限度は、Cd の量に関して 0.03 mg/L である。Pb は、^①鉛蓄電池などに用いられる。以前のはんだの主成分は Pb と ウ であったが、現在は無鉛はんだが普及している。Pb 及びその化合物の許容限度は、Pb の量に関し^②て 0.1 mg/L である。Cr の化合物のうち、酸化数が +6 のクロムを含む六価クロム化合物はめっきなどに用いられる。二クロム酸イオン $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ は、硫酸酸性水溶液中で強い酸化作用を示し、^③亜硫酸イオン SO_3^{2-} と反応すると Cr^{3+} を生じる。六価クロム化合物の許容限度は、六価クロムの量に関して 0.5 mg/L である。

一方、大気への排出規制がある物質には、気体 エ や一酸化炭素 CO などがある。黄鉄鉱の燃焼などにより生じる エ は、水に比較的よく溶け、その水溶液は弱い酸性を示す。CO は、メタン CH_4 と水蒸気を反応させて水素 H_2 を生成する^④際にも発生する。

設問(1)：文中の空欄 ア ～ ウ にあてはまる元素を、それぞれ元素記号で記せ。また、文中の空欄 エ にあてはまる物質の化学式を記せ。

設問(2)：下線①について、一般式 A_mB_n で表される難溶性塩が、(I)式のような溶解平衡にあるとき、その溶解度積 K_{sp} は、(II)式で表される。



$$K_{\text{sp}} = [\text{A}^{n+}]^m [\text{B}^{m-}]^n [(\text{mol/L})^{m+n}] \quad (\text{II})$$

水酸化カドミウム $\text{Cd}(\text{OH})_2$ は難溶性塩であり、その K_{sp} は 25°C で $2.50 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^3$ である。全量が 1.00 L の Cd^{2+} を含む中性の水溶液 X に対し、温度を 25°C に保ちながら水酸化ナトリウム NaOH 水溶液を少量ずつ加えた。その結果、ある pH において $\text{Cd}(\text{OH})_2$ が 14.6 mg 沈殿し、水溶液 X に溶解している Cd^{2+} の濃度が 0.0280 mg/L となった。 NaOH 水溶液を加えることによる水溶液 X の体積変化は無視できるものとする。

- (i) $\text{Cd}(\text{OH})_2$ が 14.6 mg 沈殿した後の、水溶液 X の pH を有効数字 2 桁で求めよ。導出過程も記すこと。
- (ii) 水溶液 X に溶解している Cd^{2+} のモル濃度 $[\text{Cd}^{2+}] (\text{mol/L})$ をその常用対数 $\log_{10} [\text{Cd}^{2+}]$ で表したとき、 pH の変化に対する $\log_{10} [\text{Cd}^{2+}]$ の変化の概形を答案紙の図に実線で記せ。

設問(3)：下線②について、以下に示す金属イオンのうち、 Pb^{2+} を含むいくつかは溶解した水溶液 Y について、次の操作 1 ～ 4 を順に行った。操作 1 ～ 4 で得られる沈殿 $\text{B} \sim \text{E}$ の化学式をそれぞれ答えよ。また、沈殿 D についてはその色も記せ。



操作 1：水溶液 Y に希塩酸を加え、生成した沈殿 A をろ過により分離した。

操作 2：沈殿 A に熱水を加え、よくふり混ぜたのち沈殿 B をろ過により分離した。ろ液にアンモニア NH_3 水を加え、生成した沈殿 C をろ過により分離した。

操作 3：操作 1 のろ液に硫化水素 H_2S を通じ、生成した沈殿 D をろ過により分離した。

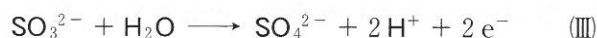
操作 4：操作 3 のろ液を煮沸して H_2S を除いたのち、希硝酸を加えて熱した。冷却後、 NH_3 水を加え、生成した沈殿 E をろ過により分離した。沈殿 E に NaOH 水溶液を加えたところ、完全に溶解した。

(次頁に続く)

設問(4)：下線③について、以下の問いに答えよ。

(i) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ が Cr^{3+} に変化する反応を、電子 e^- を用いたイオン反応式で記せ。

(ii) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ と SO_3^{2-} の反応をイオン反応式で記せ。なお、 SO_3^{2-} は(Ⅲ)式のように反応する。



設問(5)：下線④について、 CH_4 と水蒸気との反応により CO と H_2 が生成する反応の熱化学方程式は、(Ⅳ)式で表される。ここで、 $Q[\text{kJ}]$ は反応熱を示す。



$\text{CH}_4(\text{気体})$ 、 $\text{H}_2\text{O}(\text{気体})$ の生成熱を、それぞれ 75 kJ/mol 、 242 kJ/mol とする。また、炭素 C (黒鉛)、 $\text{CO}(\text{気体})$ の燃焼により、二酸化炭素 $\text{CO}_2(\text{気体})$ が生成する反応の燃焼熱を、それぞれ 394 kJ/mol 、 283 kJ/mol とする。 Q の値を有効数字 2 桁で求めよ。導出過程も記すこと。

化学 問題Ⅳ

次の文章を読んで、設問(1)～(5)に答えよ。

分子内に三重結合を有する炭化水素化合物は一般に **ア** とよばれる。アセチレンは2つの炭素原子を分子内に有する **ア** であり、様々な有機化合物の原料となる分子である。たとえば、アセチレンは酢酸との付加反応によって化合物 **A** を生じ、化合物 **A** を付加重合して得られた高分子をけん化すると高分子化合物 **B** が得られる。さらにこの化合物 **B** を紡糸し、酸性で適量のホルムアルデヒドによりアセタール化すると **イ** とよばれる合成繊維となる。また、銅(I)イオンを触媒として2分子のアセチレンを反応させると C_4H_4 の分子式を有する鎖式炭化水素化合物 **C** が得られる。化合物 **C** に塩化水素を付加させると、化合物 **D** が得られ、化合物 **D** を付加重合させるとポリクロロプレン(クロロプレンゴム)とよばれる高分子化合物 **E** が得られる。

赤熱した鉄にアセチレンを触れさせると、3分子のアセチレンが重合して、ベンゼンが得られる。塩化アルミニウム $AlCl_3$ 触媒を用いて1分子のプロペンにベンゼンを付加させると、化合物 **F** が得られる。化合物 **F** を酸素で酸化したのち、硫酸で分解すると **ウ** とアセトンが得られる。この **ウ** の製法は **エ** 法とよばれている。同様に $AlCl_3$ 触媒を用いて1分子のエチレンにベンゼンを付加させると、化合物 **G** が得られる。過マンガン酸カリウムを用いて、化合物 **G** を十分に酸化した後、中和すると、温水中で弱酸性を示す芳香族化合物 **H** が得られる。酸素原子の同位体 ^{18}O を分子中に天然存在比より多く含むエタノールと化合物 **H** を縮合させると、化合物 **I** が得られる。

設問(1)：文中の空欄 **ア** ～ **エ** にあてはまる最も適切な物質の名称または語句を記せ。

設問(2)：炭化カルシウム(カーバイド)と水を反応させるとアセチレンが得られる。この反応の化学反応式を記せ。ただし、生成物を全て記すこと。

設問(3)：化合物 A～I の構造式を図 1 または図 2 にならって記せ。ただし，幾何異性体については考えなくてよい。なお，化合物 I に天然存在比より多くの¹⁸O が含まれる場合は，構造式中のその酸素原子を¹⁸O と示すこと。

設問(4)：下線①のようにアルデヒド基と 2 つのヒドロキシ基との間で，脱水反応が起こり，エーテル結合が形成されることをアセタール化という。エチレングリコールとベンズアルデヒドを用いて，アセタール化を行うと $C_9H_{10}O_2$ の分子式を有する化合物が得られる。この化合物の構造式を図 1 にならって記せ。

設問(5)：高分子に関する次の(ア)～(カ)の文章のうち，誤りを含むものをすべて選び，記号で答えよ。

- (ア) ポリ塩化ビニルは，不斉炭素原子を含んでいる。
- (イ) ジクロロジメチルシランを原料とするシリコーンゴムは，分子内に酸化されやすい二重結合を持たず，天然ゴムと比較して耐久性に優れている。
- (ウ) 尿素樹脂は，尿素の脱水により得られるメラミンとホルムアルデヒドの付加重合によって生成するアミノ樹脂である。
- (エ) スルホ基等の酸性の官能基をもつ合成樹脂で，水溶液中のイオンを交換する樹脂は，陰イオン交換樹脂という。
- (オ) ナイロン 66 などのポリアミドは，分子間で水素結合を多数形成するため，強度に優れている。
- (カ) トランス型のポリイソプレンは，分子が折れ曲がり丸まった構造をとるため，シス型のポリイソプレンと比較して大きなゴム弾性を示す。

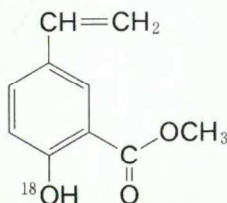


図 1

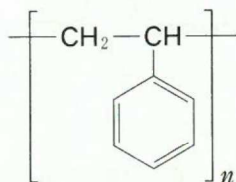


図 2

化学 問題V

次の文章を読んで、設問(1)～(7)に答えよ。

グルコースは、図1のように水溶液中で2種の六員環構造(α -グルコースおよび β -グルコース)と鎖状構造の平衡状態として存在する。しかしながら、六員環構造のグルコースのC¹にグリコシド結合が形成された場合、 α 型と β 型は相互に変換しない。たとえば、グルコースのC¹ともう1分子のグルコースのC⁴の間で α 型のグリコシド結合が形成された二糖Aと β 型のグリコシド結合が形成された二糖Bは、相互に変換しない異性体である。同様に、グルコースのC¹ともう1分子のグルコースのC²、C³、あるいはC⁶の間でグリコシド結合が形成された二糖にも、グリコシド結合の α 型と β 型に由来する2種類の異性体がそれぞれ存在する。また、グルコースのC¹ともう1分子のグルコースのC¹の間でグリコシド結合が形成された二糖^②には、 α 型と β 型の組み合わせによって ア 種類の異性体が存在する。したがって、六員環構造のグルコース2分子からなる二糖には、グリコシド結合の α 型と β 型の違いおよびグリコシド結合の位置の違いによって理論上 イ 種類の異性体が存在することになる。

一方、1種類のアミノ酸2分子が一つのアミド結合で連結したジペプチドは基本的^③に1種類しか存在しない。糖類とタンパク質は基本となる構成単位が多数縮合して形成される高分子化合物という点で類似しているが、糖類の異性体の多様性はタンパク質をはるかに凌ぐ。

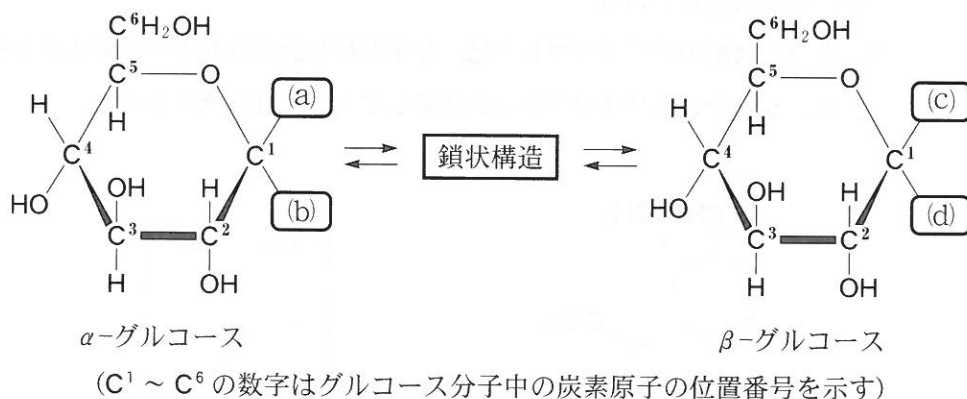


図1

設問(1)：図1の空欄(a)～(d)にあてはまる原子あるいは官能基を記せ。

設問(2)：図1に示すように、 α -グルコースと β -グルコースは鎖状構造を経由して相互に変換する。図1の構造式を参考にして、グルコースの鎖状構造を記せ。
ただし、炭素原子の番号は書かなくてよい。

設問(3)：下線①について、二糖Aはデンプンをアミラーゼで分解すると生じ、二糖Bはセルロースをセルラーゼで分解すると生じる。二糖AおよびBの名称をそれぞれ答えよ。

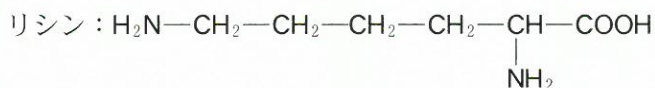
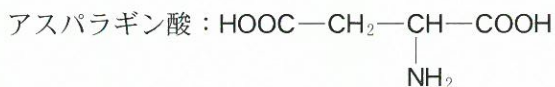
設問(4)：下線②について、これらの二糖の水溶液にフェーリング液を添加して加熱しても赤色沈殿は生じない。以下の三つの語句をすべて用いて、この理由を説明せよ。

[銅(Ⅱ)イオン、鎖状構造、アルデヒド基]

設問(5)：文中の空欄 ア および イ にあてはまる数字を記せ。ただし、グリコシド結合を形成していないC¹の α 型と β 型は区別しないものとする。

設問(6)：下線③について、2分子のグリシンが一つのアミド結合で連結したジペプチドの構造式を記せ。

設問(7)：下線③の例外の一つとして、2分子のアスパラギン酸が一つのアミド結合で連結したジペプチドには2種類の異性体が存在することがあげられる。これを考慮して、アスパラギン酸とリシン各1分子が一つのアミド結合で連結したジペプチドには何種類の異性体が存在するか答えよ。ただし、アスパラギン酸とリシンの構造式は以下の通りであり、立体異性体は考慮しないものとする。



草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)