

令和3年度専攻科入学者選抜（学力選抜）検査問題

物質工学専攻

専 門 科 目

（注意）

- 1 問題用紙は、指示があるまで開かないこと。
- 2 下記の4科目から3科目を選択して解答すること。
無機化学
有機化学
生物化学
物理化学
- 3 解答は、すべて解答用紙に記入すること。
- 4 こちらで貸与する電卓に限り使用できる。

無機化学（問題用紙）

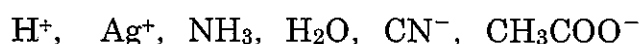
(1/3 ページ)

[1] 原子番号 Z の元素: H ($Z=1$), He ($Z=2$), N ($Z=7$), Si ($Z=14$), P ($Z=15$), Cl ($Z=17$), Se ($Z=34$), Br ($Z=35$) のうち、次の条件を満たす元素を選び、元素記号で答えよ。ただし、複数当てはまるものは、すべてが正しい場合のみ正解とする。

- (1) 第一イオン化エネルギーが最も大きいもの
- (2) M 殻を完成しているもの
- (3) ハロゲン元素
- (4) 基底状態において 3p 電子を 2 個もつもの
- (5) 基底状態電子配置が $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ の元素

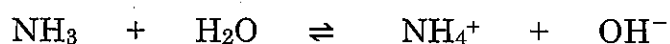
[2] 酸と塩基に関する次の問いに答えよ。

(1) HSAB の概念に基づいて、次のイオンまたは化合物について、次の条件を満たすものを一つ選び、イオンまたは化合物名で答えよ。



- ① 硬い酸に分類できるもの
- ② 軟らかい酸に分類できるもの

(2) アンモニア水溶液に関して、塩基解離平衡式は次のように表される。以下の問いに答えよ。



- ① NH_3 の共役酸を示せ。
- ② H_2O の共役塩基を示せ。
- ③ この反応の塩基解離定数 K_b の式を記せ。ただし、モル濃度を $[\text{NH}_3]$, $[\text{NH}_4^+]$, $[\text{OH}^-]$ とし、溶液中の全ての化学種の活量係数を 1 とする。

無機化学（問題用紙）

（2／3 ページ）

〔3〕 銅の単位格子は面心立方格子である。以下の問いに答えよ。

- （1） ある原子に着目したとき、その最近接にある原子数は何個か。
- （2） 単位格子中に含まれる原子数は何個か。
- （3） 格子定数を a とするとき、最近接原子間距離を求めよ。
- （4） 空間充填率を求めよ。
- （5） 銅のような金属の電気伝導率は、温度の上昇に伴って増加するか、あるいは、減少するか、どちらか答えよ。

〔4〕 表の基底状態の分子について、原子価殻電子対反発（VSEPR）理論に基づいて、非共有電子対を含めた立体構造と、分子の構造を推定し、下記の語群から最も適切な構造の形を選び、記号で答えよ。なお、分子の構造を考えると、非共有電子対の位置は含めない。また、同じ記号を複数回使ってもよい。

語群：〔 ア：直線形，イ：折れ線形，ウ：平面三角形，エ：平面四角形，オ：四面体形，カ：四角錐，キ：三方両錐形，ク：八面体形，ケ：五方両錐 〕

分子	非共有電子対を含めた 立体構造	分子の構造
H ₂ O	(1)	(6)
IF ₅	(2)	(7)
BCl ₃	(3)	(8)
XeF ₂	(4)	(9)
XeF ₄	(5)	(10)

無機化学（問題用紙）

(3/3 ページ)

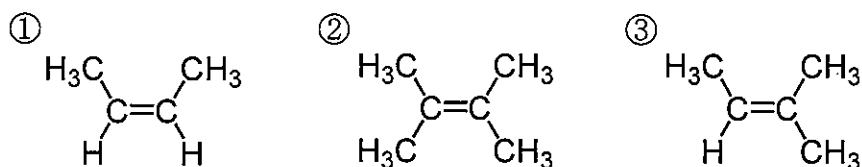
[5] $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ について以下の問いに答えよ。ただし、六配位八面体錯体の結晶場による d 軌道の分裂のエネルギー差は $10 Dq$ とする。

- (1) この錯体の英語名について、(a) chromium ((b)) ion の (a) に適切な語、(b) に適切なローマ数字を入れて完成させよ。
- (2) この錯体の中心金属の d 電子数を答えよ。
- (3) この錯体の不対電子数を推定せよ。
- (4) この錯体の結晶場安定化エネルギー (CFSE) を Dq 単位で与えよ。

有機化学（問題用紙）

(1/2 ページ)

[1] 次の化合物①～③について、アルケンの安定性が大きい順に不等号で並べよ。



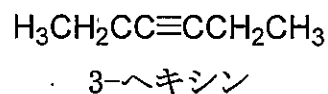
[2] 3-ヘキシンと次の反応試薬 (a) ～ (d) との反応生成物の構造式を示せ。

(a) H_2 , リンドラー触媒 (立体化学も示すこと)

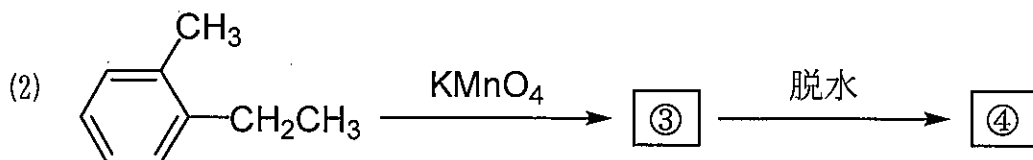
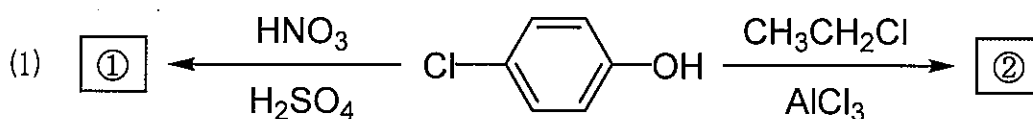
(b) 2H_2 , PtO_2

(c) H_2O , HgSO_4 , H_2SO_4

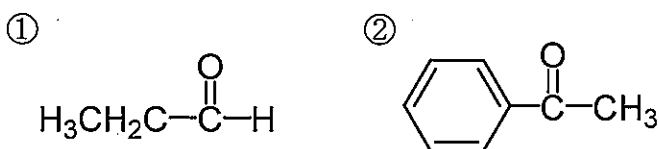
(d) Br_2 (立体化学も示すこと)



[3] 次の反応生成物①～④の構造式を示せ。



[4] 次の化合物のエノール互変位性体の構造式を示せ。



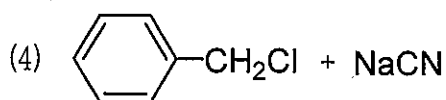
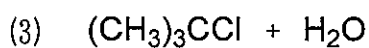
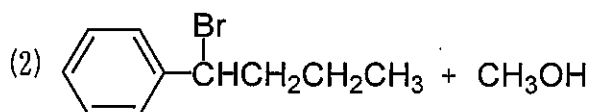
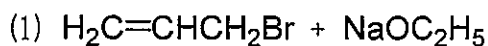
[5] 次の化合物①～⑥を酸性度の高い順に不等号で並べよ。

- ① $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$, ② $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$, ③ $\text{F}_2\text{CHCH}_2\text{OH}$,
 ④ $\text{BrCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$, ⑤ $\text{FCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$, ⑥ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

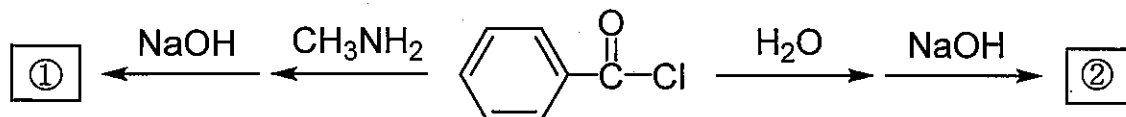
有機化学 (問題用紙)

(2/2 ページ)

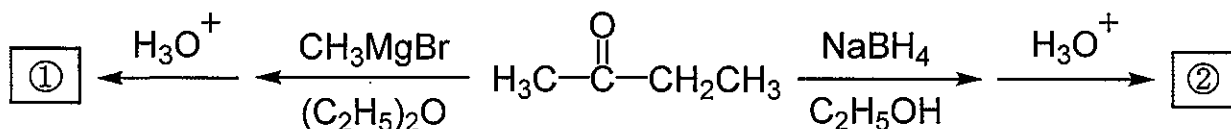
[6] 次の置換反応 (S_N1 または S_N2) の生成物の構造式を示せ。



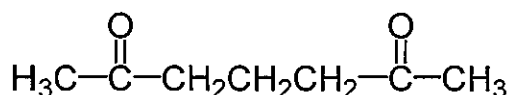
[7] 酸ハロゲン化物から次の反応で得られる生成物①, ②の構造式を示せ。



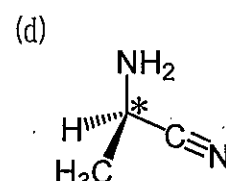
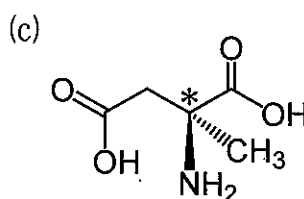
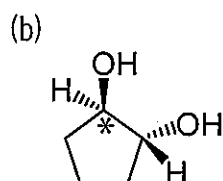
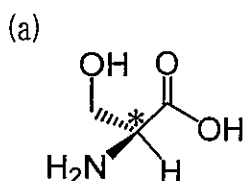
[8] ケトンから次の反応で得られる生成物①, ②の構造式を示せ。



[9] 次のジカルボニル化合物の分子内アルドール反応 (縮合) によって得られる主生成物の構造式を示せ。



[10] 次の化合物の (*) の位置の R, S 配置を帰属せよ。



生物化学（問題用紙）

(1/4 ページ)

[1] 遺伝子発現について各問いに答えよ。

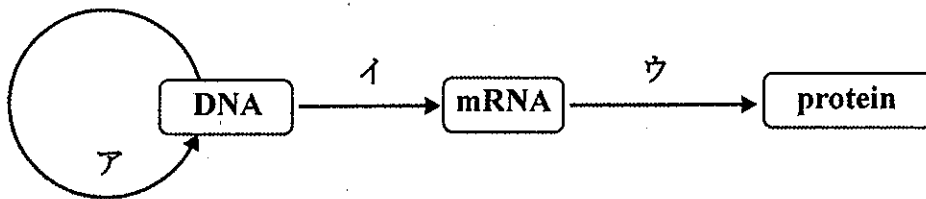


図1. 遺伝情報の流れに関する基本概念

(1) 分子生物学における図1のような基本概念を何というか。

(2) 図1のア～ウの過程に相当する語句を答えよ。

(3) DNA と RNA の類似点に関する記述のうち、正しいものを1つ選べ。

- ア. 塩基、ヘキソース、リン酸からなるポリヌクレオチドである
- イ. 細胞の核内にのみ存在する
- ウ. 高エネルギーリン酸結合を含む
- エ. 塩基としてアデニンとシトシンを含む
- オ. 通常、二重らせん構造で存在する

(4) 図2は原核生物である大腸菌のラクトースオペロンの制御機構を示している。空欄a～dにあてはまる語句を答えよ。

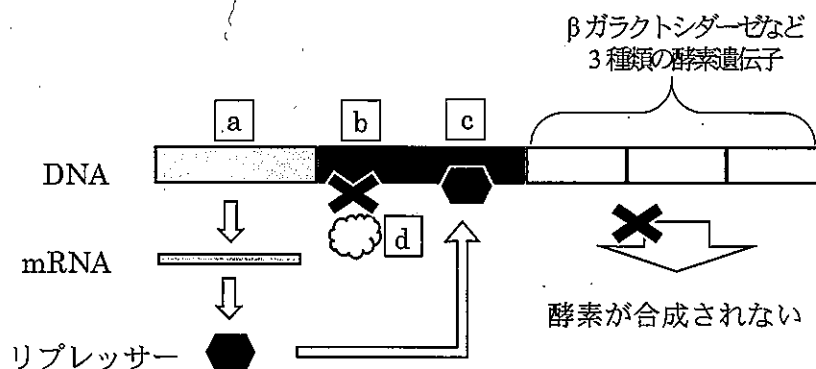


図2. 負の調節状態にあるラクトースオペロン

生物化学（問題用紙）

（2／4 ページ）

（5）真核生物の遺伝子発現の制御について、文章にあてはまる語句を答えよ。

真核生物の構造遺伝子は、タンパク質をコードする領域が分散しており、その領域の間にはアミノ酸の配列情報を含まない領域が存在する。主に、アミノ酸配列を含む領域を（ ア ）、それ以外の領域を（ イ ）と呼ぶ。

遺伝子からコピーされた mRNA 前駆体（hnRNA）のプロセッシングには、次のような過程がある。hnRNA は、（ ウ ）末端にキャッピングと呼ばれる酵素反応によって、グアノシンが付加し、さらに（ エ ）化の修飾をうける。一方、（ オ ）末端は多数のアデノシンが付加したポリ A シグナルができる。これらの末端修飾がなされた後、（ イ ）部分が取り除かれて、成熟した mRNA が完成する。

生物化学（問題用紙）

(3/4 ページ)

[2] 生体を構成する高分子化合物について、各問いに答えよ。

(1) 生体内における脂質の役割のうち、3つを挙げよ。

(2) 次の脂肪酸について、融点の高い順に左から並べよ。

オレイン酸	パルミチン酸	リノール酸	アラキドン酸	ステアリン酸
-------	--------	-------	--------	--------

(3) D-ガラクトースを鎖状構造の Fischer 投影式で示せ。

(4) マルトースを環状構造の Haworth 投影式で示せ。

(5) 次のアミノ酸の側鎖間に形成される結合を答えよ。

①Cys-Cys

②Ala-Leu

③Ser-Asn

(6) タンパク質 A、タンパク質 B、タンパク質 C の等電点は、それぞれ 6.6、5.0、8.1 であった。これらのタンパク質を含む試料をゲルの中央におき、pH6.6 の緩衝液中で電気泳動したとする。この時、陰極に移動するタンパク質は A～C のどれか、答えよ。

生物化学（問題用紙）

（4／4 ページ）

[3] 酵素反応について答えよ。

（1）図3は解糖系の反応の一部を示している。ア～ウにあてはまる代謝物質の名称を答えよ。

（2）解糖系の代謝速度は、不可逆反応に関与する3つの酵素反応によって調節されている。図3のA～Fのうち、不可逆反応である酵素を3つ選び、記号と名称を答えよ。

（3）国際生化学・分子生物学連合（IUBMB）では、触媒する反応の種類により酵素に酵素番号（EC 番号）を付与して分類している。酵素Bおよび酵素E、それぞれの酵素について、分類番号と分類名を答えよ。

（4）酵素反応を阻害する物質を阻害物質という。阻害物質の阻害様式のひとつとして、競合阻害（競争阻害）がある。競争阻害について2-3行で説明せよ。

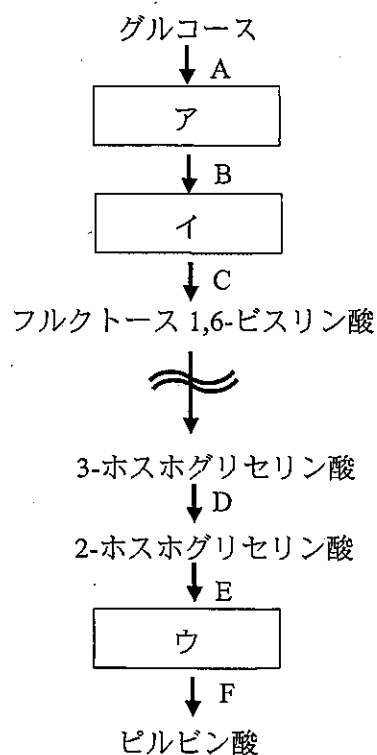


図3. 解糖系の反応

物理化学（問題用紙）

(1/2 ページ)

[1] 以下は、エントロピー変化について解説した文章である。空白 ① ～ ⑤ にふさわしい数式を入れ、文章を完成させよ。

温度 T で等温可逆変化をするとき、系に熱として移動するエネルギーを Q_{rev} とすると、系のエントロピー変化 δS は

$$\delta S = \text{①}$$

と定義される。系に無限微小量の熱 dq の熱を加えた場合、系の温度も無限小量 dT しか変化しない。そこで、温度 T が一定と考えてよいとすると、系のエントロピー変化 δS は

$$\delta S = \text{②}$$

となる。圧力 P が一定の条件では、無限微小量の熱 dq は定圧モル比熱 C_p と無限微小量の系の温度変化 dT を用いて、

$$dq = \text{③}$$

と表されるので、系のエントロピー変化 $\delta S = \text{②}$ の式に代入すると、

$$\delta S = \text{④}$$

となる。温度 T_1 から T_2 まで変化した時の系のエントロピー変化 ΔS は、このような無限小のステップを合計、すなわち、積分したものであるので、 $\Delta S = \text{④}$ の両辺を温度 T_1 から T_2 まで積分することで求めることができ、さらに、定圧モル比熱 C_p がこの温度範囲で一定であると仮定すると

$$\Delta S = C_p \times \text{⑤}$$

となる。

[2] 以下は、溶液の性質に関する問題である。次の問いに答えよ。

(1) 50.0 g のスクロース ($C_{12}H_{22}O_{11}$ 、分子量 342) を 293 g の水に溶解させた水溶液の凝固点について小数点第3位以下を四捨五入して求めよ。ただし、水の凝固点は 273 K、モル凝固点降下定数は $1.86 \text{ K kg mol}^{-1}$ とする。

(2) 300 K における 0.1 mol dm^{-3} の濃度の塩化ナトリウム (NaCl) 水溶液の浸透圧を求めよ。ただし、気体定数 R は $8.3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ として有効数字 2 桁で求めよ。

(3) HNO_3 、 KNO_3 、 CH_3COOK の極限モル伝導率は 25°C でそれぞれ 4.2×10^{-2} 、 1.4×10^{-2} および $1.1 \times 10^{-2} \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}$ である。酢酸 (CH_3COOH) の極限モル伝導率を有効数字 2 桁で求めよ。

物理化学（問題用紙）

(2/2 ページ)

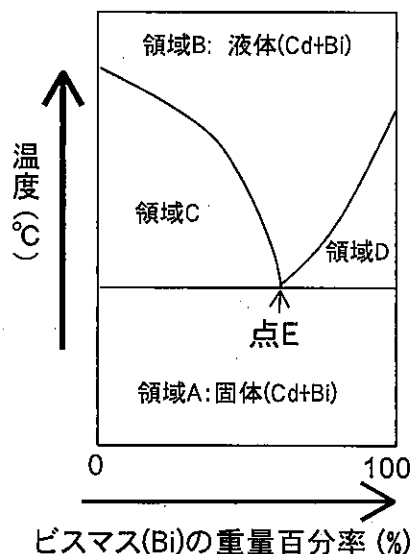
[3] 右図は圧力一定条件におけるカドミウム(Cd)－ビスマス(Bi)系の温度－組成図である。右図にあるように、領域Aおよび領域BはそれぞれCdとBiの両方が固相、液相の領域を示している。以下の問いに答えよ。

(1) 領域Cはどのような状態か答えよ。以下の①～④までの選択肢から選べ。

- ① CdとBiの液相 ② Biの固相と液相
③ Cdの固相と液相 ④ CdとBiの固相

(2) 4つの線が交差する点Eの名称を答えよ。

(3) 領域A、領域D、点Eにおける自由度 f をギブスの相律の公式 $f = c - p + 2$ (f は自由度、 c は系内の成分の数、 p は系内の相の数)を用いて求めよ。ただし、本問においては圧力も自由度として含むこととして自由度 f を求める事。



[4] ある反応は、温度を280 Kから300 Kに上げた時、反応速度定数 k が10倍になった。この反応の活性化エネルギーを有効数字2桁で求めよ。ただし、この反応の反応速度 k がアレニウスの式に従うこととし、気体定数 $R = 8.3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ とすること。

[5] 右図の(a)～(e)は、 s 軌道、または、 p 軌道が別のもうひとつの p 軌道と接近して、分子軌道を作る様子を書いた図である。原子軌道が接近して形成される分子軌道においては⑦「結合性軌道」、⑧「反結合性軌道」、⑨「相互作用なし」のいずれかに属することが知られている。右図の(a)～(e)について、形成される分子軌道がいずれに属するか、⑦、⑧、⑨の記号で答えよ(右図の原子軌道において白色が波動関数の正(+))の部分、黒色が波動関数の負(-)の部分(白色と位相が逆)を表すとする)。

