

出題意図

問題Ⅰは無機・物理化学、問題Ⅱは有機化学、問題Ⅲは生物化学、問題Ⅳは化学工学の標準的な問題です。化学・バイオ系における応用化学・化学工学・生物化学コースに関する基礎学力や論理的な思考力、および説明能力等について評価します。

令和7年度（2025年度） 東北大学工学部

3年次編入学試験問題

専門関連科目

(化学・バイオ工学科)

【問題Ⅰ】(無機・物理化学), 【問題Ⅱ】(有機化学),
【問題Ⅲ】(生物化学), 【問題Ⅳ】(化学工学)
から2問選択

注意事項

1. 机の上には、受験票、黒鉛筆、シャープペンシル、消しゴム、鉛筆削り、時計、メガネの他は置いてはいけません。これ以外のものはかばん等に入れて椅子の下(床面)に置いてください。時計のアラームは使用しないでください。(目薬等も机の上に置いてはいけません。)
2. 電卓は配布します。自身のものは使用しないでください。
3. 携帯電話等を持っている人は、監督者の指示に従ってください。試験中に携帯電話等を身に着けていることが発覚した場合は、不正行為の疑いがあるとみなし、その機器を預かります。
4. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないでください。
5. 試験開始の合図の直後に、問題冊子、解答用紙、草案紙に印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等がないか確認してください。
6. 最初に、解答用紙のすべてに受験記号番号を忘れずに記入してください。
7. 解答用紙の科目名を忘れずに記入してください。
8. 解答用紙は書き損じても、破れても交換しませんので注意してください。
9. 草案紙は使用してもしなくても構いません。
10. 問題冊子、草案紙は持ち帰らないでください。

※ 以下の(1)、(2)の場合を除き、複製、転載、転用することを禁じます。

(1) 受験予定者が自主学習のために使用する場合

(2) 学校その他の教育機関(営利目的で設置されているものを除く。)の教職員が教育の一環として使用する場合

---このページは白紙---

- (c) 二酸化炭素 2.00 mol を封入した体積 2.64 dm^3 の密閉容器を、 321 K の室内に静置した。理想気体であると仮定して容器内の圧力 [Pa] を求めよ。
- (d) 実在気体として、問 4 (c) で指定した条件における二酸化炭素の容器内の圧力 [Pa] を求めよ。
- (e) 問 4 (d) の条件における圧縮因子を求めよ。

問 5 種々の温度で測定した二酸化炭素の P - V 等温曲線の模式図を図 1 に示す。

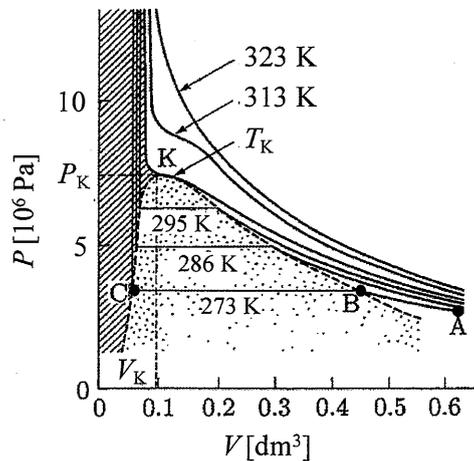
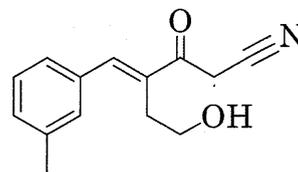


図 1 1 mol の二酸化炭素の P - V 等温曲線の模式図

- (a) ピストン付の容器に二酸化炭素を封入し、 273 K において、ピストンを押し込みながら点 $A \rightarrow B \rightarrow C$ の方向にたどっていった際の、容器内の二酸化炭素の状態の変化を説明せよ。
- (b) 温度を高くすることで点 B と点 C が一致する点 K が現れる。点 K の名称を答えよ。
- (c) 点 K において P - V 等温曲線の傾きはゼロとなり、同時に、点 K は P - V 等温曲線の変曲点でもある。ファン・デル・ワールスの状態方程式から、点 K における 1 mol の気体に対する温度 T_K を表す式を導出過程とともに示せ。
- (d) T_K [K] を求めよ。

【 問題Ⅱ 】 (有機化学)

以下の問に答えよ。ただし、解答中、化合物の構造式は右の例にならって書け。また、エナンチオマーは区別して書く必要はない。

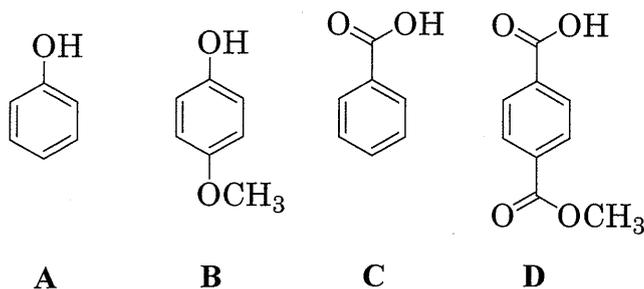


化合物例

問1 分子式が C_4H_6 である化合物について、(a)~(d) に答えよ。

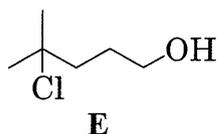
- 最も安定な配座において、すべての炭素原子が同一直線上にある化合物が1つある。この化合物の構造式および化合物名を記せ。
- (a)の化合物を硫酸水銀および酸を触媒に用いて水和する。生成する化合物の構造式および化合物名を記せ。
- 最も安定な配座において、すべての原子が同一平面上にある化合物が1つある。この化合物の構造式および化合物名を記せ。
- (c)の化合物とプロピレンがモル比 1:1 で熱的に反応して生成する有機化合物の構造式および化合物名を記せ。

問2 下記に示す芳香族化合物 **A**~**D** について、(a)~(d) に答えよ。



- 芳香族求電子置換反応において最も反応性の高い化合物、および最も反応性の低い化合物を **A**~**D** の中から選び、それぞれ記号で答えよ。
- 最も酸性が強い化合物、および最も酸性が弱い化合物を **A**~**D** の中から選び、それぞれ記号で答えよ。
- A** を水酸化ナトリウム、高压 CO_2 、希硫酸と段階的に反応させることで合成される有機化合物の構造式を記せ。
- (c) で合成される化合物は **A**~**D** のどの化合物よりも強い酸性を示す。その理由を説明せよ。

- 問3 下記に示す化合物 **E** を強塩基と反応させると、有機化合物 **F** と有機化合物 **G** の混合物が得られる。また、**E** を中性極性溶媒中で加熱すると、有機化合物 **H** が得られる。ここで、**F**, **G**, **H** の分子式は同一である。**F**, **G**, **H** それぞれの構造式を記し、さらにそれぞれの生成反応の機構を説明せよ。



- 問4 アセトアルデヒドからの 1,3-ブタンジオールの合成として、まず 1 段階目でアセトアルデヒドを塩基存在下で二量化し、次いで 2 段階目で還元する方法が考えられる。この合成法について、(a)~(c) に答えよ。

- (a) 1 段階目の二量化反応の生成物を構造式で記せ。
- (b) 1 段階目の反応では、反応温度を高くしすぎると別の化合物が主生成物となってしまう点に注意する必要がある。この高い反応温度での主生成物を構造式で記せ。
- (c) 2 段階目の還元反応を水が存在する条件で実施する。枠内に示した還元試薬の中で最もこの反応に適するものを選べ。

Na	NaBH ₄	LiAlH ₄	Zn/Hg
----	-------------------	--------------------	-------

【 問題 III 】 (生物化学)

以下の問に答えよ。

問1 次の文章を読み, (a)~(c) に答えよ。

デオキシリボ核酸 (DNA) は生体内で遺伝情報としての役割を担う分子であり, リン酸, デオキシリボース, (ア) の3種の成分から構成されている。(ア)の種類にはアデニン (A), チミン (T), グアニン (G) およびシトシン (C) の4種がある。DNAは通常二本鎖を形成しており, AとTは(イ)本の(ウ)結合で, GとCは(エ)本の(ウ)結合で対を形成する。さらに, (ア)の間に(オ)相互作用が働き, その全体構造は安定な二重らせん構造をもつ。細胞分裂の際にDNAの複製が行われるが, できるだけ正確に複製する必要があるため, A)修復機構が備わっている。

- (a) 空欄 (ア) ~ (オ) にあてはまる最も適切な語句または数字を記せ。
(b) 下線部 A) の修復機構の1つはDNAポリメラーゼにより引き起こされる。修復機構を可能にしているDNAポリメラーゼの活性を以下の (i) ~ (iv) の中から最も適切なものを1つ選び, 記号で答えよ。

- (i) 3'-5'エキソヌクレアーゼ活性
- (ii) 5'-3'エキソヌクレアーゼ活性
- (iii) 5'-3'ポリメラーゼ活性
- (iv) 3'-5'ポリメラーゼ活性

- (c) DNAの複製にはDNAポリメラーゼのほかにヘリカーゼとトポイソメラーゼも関与する。役割について正しい組み合わせを以下の (i) ~ (iv) の中から1つ選び, 記号で答えよ。

- (i) ヘリカーゼ : DNAの二重らせんを解く
トポイソメラーゼ : DNAの超らせん構造を緩和する
- (ii) ヘリカーゼ : DNAの超らせん構造を緩和する
トポイソメラーゼ : DNAの二重らせんを解く
- (iii) ヘリカーゼ : DNAの複製を開始する複製起点を認識する
トポイソメラーゼ : DNAの損傷を修復する
- (iv) ヘリカーゼ : DNAの損傷を修復する
トポイソメラーゼ : DNAの複製を開始する複製起点を認識する

問2 次の文章を読み、(a)~(d) に答えよ。

単糖は最も基本的な糖質で、代表的なものにはグルコースがある。二糖は二つの単糖が結合したもので、代表的なものには (ア) (グルコース + フルクトース) や (イ) (グルコース + ガラクトース) がある。多糖は、多数の単糖が結合してできたもので、代表的なものには A) グリコーゲン や デンプン がある。その他、細胞壁の主要成分としての植物における (ウ)、菌類における (エ) も多糖である。これらのうち、グルコースのような可食糖は生体内で代謝経路に入り、形を変えながらエネルギーに変換される。哺乳類の解糖系では B) 多段階の酵素反応 を経て、グルコースはピルビン酸に変換され、その後、ピルビン酸はさらにクエン酸回路に移動して酸素のある条件下で (オ) と二酸化炭素に変換される。その過程でエネルギー分子が得られる。

(a) 空欄 (ア) ~ (オ) にあてはまる最も適した語句を以下の<語群 A> からそれぞれ選び、答えよ。

<語群 A>

エタノール、キチン、スクロース、セルロース、デンプン、マルトース、マンナン、ラクトース、水、乳酸

(b) 下線部 A) のグリコーゲンとデンプンはどのような生物で主に合成されているか、以下の表中の空欄 (カ) ~ (キ) にあてはまる最も適した語句を以下の<語群 B> から、空欄 (ク) ~ (ケ) にあてはまる最も適した語句を以下の<語群 C> から、それぞれ選び、答えよ。

	生物	役割
グリコーゲン	(カ) や菌類	(ク)
デンプン	(キ)	(ケ)

<語群 B>

動物、植物、菌類

<語群 C>

エネルギーの短期貯蔵、エネルギーの長期貯蔵、細胞壁の構成成分、細胞質の構成成分

(c) 下線部 B) の解糖系における多段階の酵素反応のうち、主要な制御酵素であり、フルクトース 6-リン酸をフルクトース 1,6-ビスリン酸に変換する酵素は何か。以下の (i) ~ (iv) の中からから 1 つ選んで記号で答えよ。さらに、選んだ酵素が働く細胞内の領域を以下の〈語群 D〉から選んで答えよ。

- (i) ヘキソキナーゼ
- (ii) ホスホフルクトキナーゼ
- (iii) ピルビン酸キナーゼ
- (iv) アルドラーゼ

〈語群 D〉

核, 細胞質ゾル, ゴルジ体, ミトコンドリア, リソソーム

(d) 解糖系とクエン酸回路の両方の経路にて共通して生成される主要なエネルギー分子は何か, 2 種答えよ。

【 問題IV 】 (化学工学)

以下の問に答えよ.

問1 次の文章を読み, 下線部が正しくないものをすべて選び, それぞれその記号と正しい語句を書け.

- (a) 原料に含まれる成分を溶剤で処理して, 溶剤に可溶性成分を溶解させて取り出す操作を晶析という.
- (b) 伝熱のフーリエの法則は, 伝導伝熱の基本法則であり, 任意の点における熱の移動速度が, その点における温度勾配に比例することを示す.
- (c) 対流熱伝達によって運ばれる熱量と, 熱伝導によって運ばれる熱量の比を表した無次元数を, レイノルズ数という.
- (d) アントワンの式は, 飽和蒸気圧と温度の関係を表す実験式であり, 含まれる定数は物質に固有の値をとる.
- (e) 非粘性流体の定常流では, 単位時間あたりに任意の流路断面において運動エネルギー, 位置エネルギー, 圧力エネルギーの総和が一定である. これをベルヌーイの定理という.
- (f) 二成分を反応させる場合, 一方の成分をあらかじめ反応器に仕込んでおき, もう一方の成分を連続的に供給させながら反応させる操作法を回分操作という.

問2 次の文章を読み, (a)~(c)に答えよ. 有効数字は3桁とせよ.

ガス吸収塔の塔底部から, アンモニア 35.0 mol%, 空気 65.0 mol%の混合気体を 20.0 °C, 1.00 atm の状態で体積流量 $70.0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ で供給し, 塔頂部から供給される水と向流で接触させてアンモニアを吸収したい. 水の流量は $500 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ であり, 塔頂部から排出される混合気体の組成はアンモニア 1.00 mol%, 空気 99.0 mol%である. ただし, 気体は理想気体と仮定し, 気体定数は $0.0821 \text{ atm} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ とする.

- (a) 塔底部より供給されるアンモニアのモル流量 [$\text{mol} \cdot \text{h}^{-1}$] を求めよ.
- (b) 塔底部より排出される水に含まれるアンモニアのモル濃度 [mol%] を求めよ.
- (c) 塔底部より供給されたアンモニアのうち, 水に吸収されたアンモニアの割合 (アンモニア吸収率) [-] を求めよ.