

令和4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 問題用紙は、1ページ～8ページまでである。
検査開始の合図の後で確かめること。
- 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。

物質工学専攻（問題用紙）

(1/8ページ)

以下、数値で答える問題で、有効数字の桁数が指定されている場合は、その有効数字の桁数にて答えよ。また、気体定数 R は、 $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ として計算せよ。

[1]熱力学に関する問題である。1.00 mol の理想気体が 298 K にて等温で可逆膨張し、初めの体積の 1.50 倍になった際のエントロピー変化 $\Delta S (\text{J K}^{-1})$ を有効数字 3 桁で求めよ。

エントロピー変化は、 $\Delta S = nR \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$ で求められる。ここで、 n は物質量(mol)、 T は絶対温度(K)、 V_i および V_f は、始体積、終体積を示す。

[2]相律に関する問題である。水において、固相と液相の二つの相が平衡状態で存在する場合、自由度の数はいくつになるか。自由度の数(F)は、成分の数(C)と相の数(P)との間で、 $F = C - P + 2$ の関係がある。

[3]化学平衡に関する問題である。298K にて溶液中で A と B が ($A \rightleftharpoons B$) の化学平衡の状態にあり、この平衡の標準反応ギブスエネルギー $\Delta_r G^0$ は、 -3.00×10^3

$\text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ であった。この溶液中の平衡組成における B のモル分率 $\left(\frac{[B]}{[A]+[B]}\right)$ を有効数字 2

桁で求めよ。ただし、 $\Delta_r G^0 = -RT \ln K$ を用いる。ここで、 T は絶対温度(K)、 K は $\left(\frac{[B]}{[A]}\right)$ で、平衡定数である。

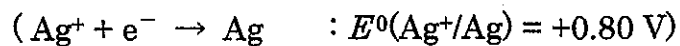
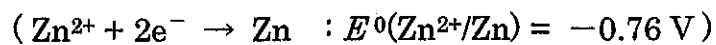
物質工学専攻（問題用紙）

(2/8ページ)

[4]電気化学における反応と電池に関する問題である。

(1) ($\text{Zn} \mid \text{Zn}^{2+} \parallel \text{Ag}^+ \mid \text{Ag}$) で表される電池で起こる全体の酸化還元反応を示せ。

(2) 上記(1)の電池で生じる25°Cにおける標準起電力(V)を求めよ。ただし、標準電極電位として、以下の数値を用いる。



[5]主量子数 $n=4$ の殻に関する以下の問いに答えよ。

(1) この $n=4$ の殻には、何個の原子軌道が存在するか。

(2) 4f 軌道に入る電子の総数はいくつか。

(3) 4p 軌道の節面の総数はいくつか。

物質工学専攻（問題用紙）

(3/8ページ)

[6] 次の原子およびイオンの基底状態での電子配置を示せ。(例 ${}_6\text{C} : 1s^2 2s^2 2p^2$)

(1) ${}_{16}\text{S}$

(2) ${}_{22}\text{Ti}$

(3) ${}_{22}\text{Ti}^{3+}$

[7] 1種類の球で構成される単純立方格子に関する以下の問いに答えよ。この単純立方格子とは、立方体の各頂点に同一の球が占める格子を意味する。

(1) 単純立方格子の最近接球の数はいくつになるか。

(2) 立方体の1辺は、球の半径の何倍になるか。

(3) 単純立方格子の空間充填率は何%か。有効数字2桁で答えよ。

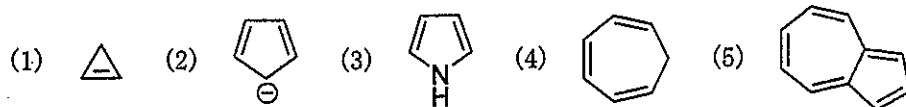
(4) 同一球（半径： r ）で構成されている単純立方格子の立方体の中心にできる間隙（立方体型配位）の中に入れられる球の最大半径（ r_a ）を考える。その半径の関係は、以下の式によって示される。カッコ内に数値を入れて完成させよ。有効数字2桁で答えよ。

$$r_a = (\quad) \times r$$

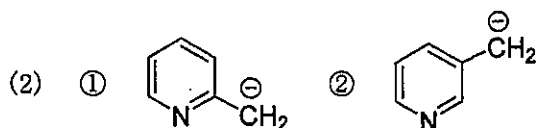
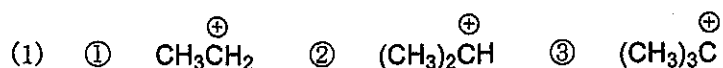
物質工学専攻（問題用紙）

(4/8ページ)

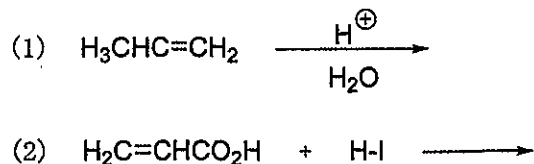
[8] 以下の中から芳香族化合物は○印、非芳香族化合物は×印を書け。



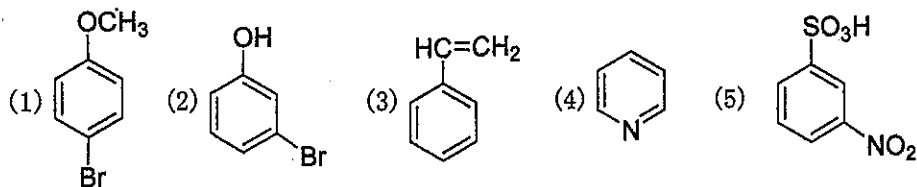
[9] 次の各組のイオンまたは化合物を安定→不安定の順番に番号で答えよ。



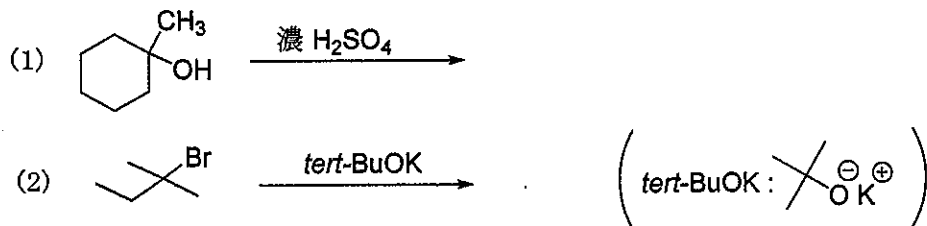
[10] 次の反応の主生成物は何か。構造式で書け。



[11] 次の各化合物をモノニトロ化したときの配向性を矢印(→)で示せ(1カ所とは限らない)。



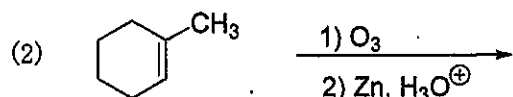
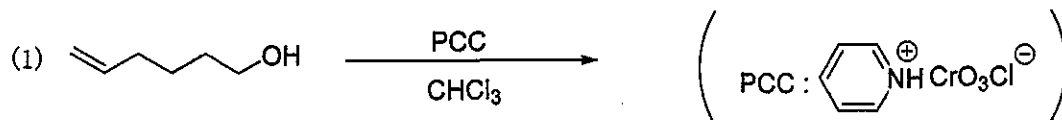
[12] 次の反応における主生成物を構造式で書け。



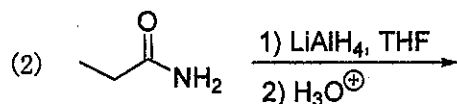
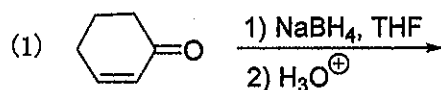
物質工学専攻（問題用紙）

(5/8ページ)

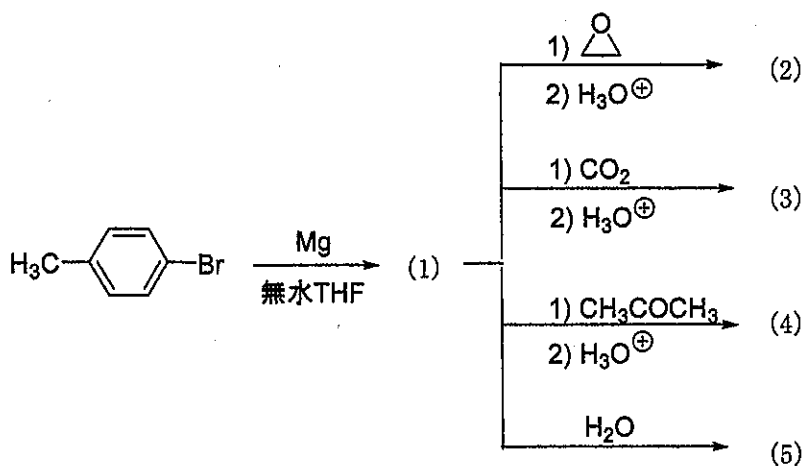
[13] 次の反応における主生成物を構造式で書け。



[14] 次の反応における主生成物を構造式で書け。



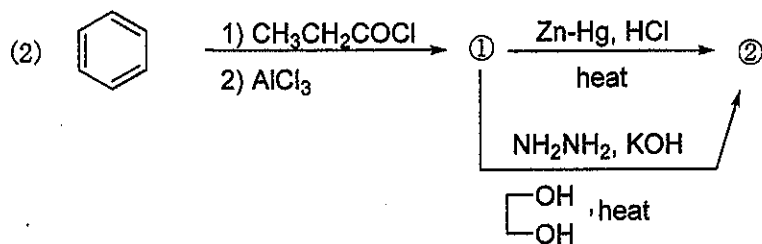
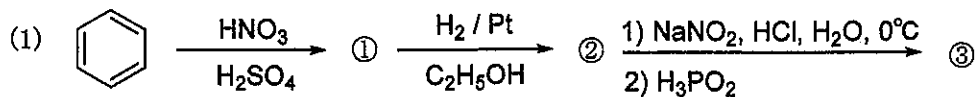
[15] 次に示した *p*-bromotoluene から Grignard 反応を行った後、種々の化合物と反応してできる主生成物の構造式を書け。



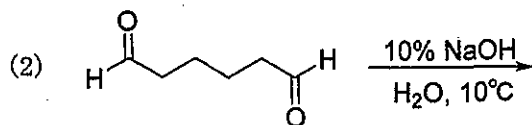
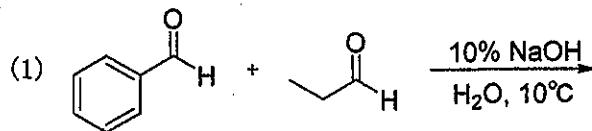
物質工学専攻 (問題用紙)

(6/8ページ)

[16] 次の反応の主生成物を構造式で書け。



[17] 次のアルドール反応の主生成物を構造式で書け。



物質工学専攻（問題用紙）

(7/8 ページ)

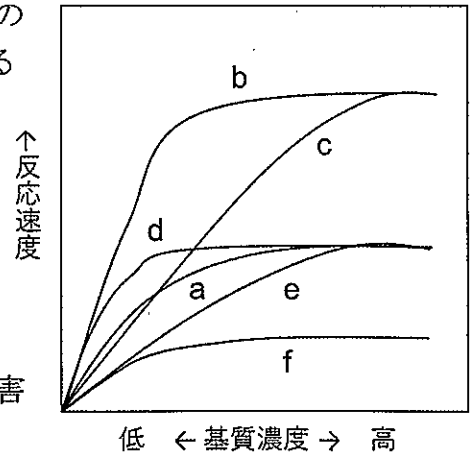
[18]次の問いに答えよ。

- (1) タンパク質は pH により荷電状態が変化する。等電点が pH 7.5 のタンパク質を pH 9 の溶液中に保存したとき、このタンパク質は全体として、正または負のどちらの電荷を帯びているか。
- (2) DNA は二重らせん構造をしており、水素結合で二本鎖が結合している。3 つの水素結合で結合しているのは、A-T あるいは G-C のどちらか答えよ。
- (3) ある生物のゲノム中に含まれる塩基の割合を調べたところ、アデニンの割合が 20% であった。この時、グアニンの割合は何%か？
- (4) DNA に含まれる糖を何というか。
- (5) タカジ (チ) アスターゼという酵素製剤を世に送り出し、アドレナリンの抽出結晶化に成功したバイオテクノロジーの父とも呼ばれる人物は誰かフルネームで答えよ (ひらがなでも可)。

[19]酵素反応について述べた次の文章を読み、問いに答えよ。

右図の曲線 a は、一定の酵素濃度の元での基質濃度と反応速度との関係を示している。

- (1) 基質濃度が高くなると反応速度は一定になる。このとき、酵素と基質とはどのような状態になっていると考えられるか。
- (2) 同じ実験を次の①～③の条件で行うとグラフはどのようなか。図中の b～fの中から選べ。
 - ① 反応液に基質と化学構造が似ている競争阻害物質を加える。
 - ② 酵素濃度を2倍にする。
 - ③ この酵素がアロステリック酵素で、非競争的阻害が起こる。



物質工学専攻（問題用紙）

（8/8 ページ）

[20] 代謝について述べた次の文を読み ①～⑥ に適した語句・数字を語群から選び答えよ。

細胞が酸素を用いて有機物を分解し、エネルギーを取り出し、二酸化炭素を排出する仕組みを ① という。① は細胞質基質とミトコンドリアで行われる。主なエネルギー源としてグルコースがよく利用される。真核生物の場合、1分子のグルコースは ATP で活性化され、グルコース-6-リン酸になり、解糖系で ② 分子のピルビン酸にまで代謝される。この過程で ATP は差し引き ③ 分子合成される。好気条件ではピルビン酸は、ピルビン酸デヒドロゲナーゼにより、アセチル CoA を経て ④ になる。④ は TCA 回路で ⑤ にまで代謝され、アセチル CoA と反応し、④ が再度生成する。一方、激しい運動中の筋肉細胞では酸素の供給が追いつかず、ピルビン酸は TCA 回路で代謝されず、⑥ が出来る。⑥ の蓄積はアシドーシスの原因となる。

語群（同じ語句・数字を複数回選んでも良い）

好気、嫌気、呼吸、光合成、グルコース、グリセロール、マルトース、グリセルアルデヒド3リン酸、フルクトース、オキサロ酢酸、ピルビン酸、コハク酸、クエン酸、リンゴ酸、乳酸、酸素、エタノール、二酸化炭素、1、2、3、4、36、38

[21] 文中の①～⑧を埋めよ。ただし、答えは以下の語群から選び答えよ。

真核生物の DNA は ① というタンパク質に巻き取られた状態で存在するが、原核生物の DNA は裸で存在する。真核生物の DNA には遺伝情報を持つ ② と呼ばれる領域と遺伝情報を持たない ③ と呼ばれる領域がある。そのため真核生物では転写直後の RNA から ③ を切り捨てる ④ という過程を経て mRNA がつくられる。また、ある遺伝子を発現させるか否かを決める調節遺伝子が存在し、この遺伝子の作る ⑤ というタンパク質が DNA の ⑥ 部位に結合するとその遺伝子は発現しない。⑤ の結合を妨げる物質を ⑦ （例えばラクトースを指す）と呼ぶ。この仕組みは ⑧ 説とよばれ、ジャコブとモノーが提唱した。

語群

mRNA、tRNA、ヒストン、コア、エキソン、エジソン、イントロン、スプライシング、キャップ、リプレッサー、オペレーター、プロモーター、誘導物質、抑制物質、オペロン、シャペロン、リボソーム、終止コドン、開始コドン、ペプチド