

令和元年度技術士第一次試験問題（再試験）〔専門科目〕

【05】化学部門

10時30分～12時30分

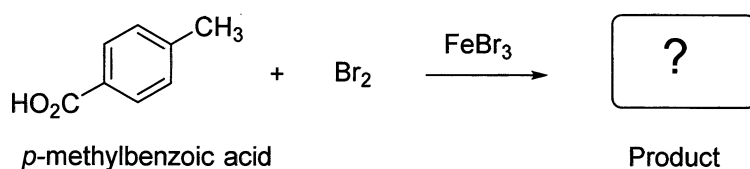
Ⅲ 次の35問題のうち25問題を選択して解答せよ。（解答欄に1つだけマークすること。）

Ⅲ-1 アルコールの酸化反応に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 第一級アルコールをpyridinium chlorochromate (PCC) により酸化するとカルボン酸ではなく、アルデヒドで反応を止めることができる。
- ② 第三級アルコールは通常、ほとんどの酸化剤と反応しない。
- ③ 第二級アルコールは容易に酸化されてケトンを与える。大規模の酸化には希酢酸中の $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ のような安価な試薬が用いられる。
- ④ 実験室で第一級アルコールからアルデヒドを合成するのに最近よく用いられるのは6価のヨウ素 I (VI) を含むDess-Martinペルヨージナンをジクロロメタン中で用いるものである。
- ⑤ 酸性溶液中の三酸化クロム CrO_3 を使って第一級アルコールを酸化すると最終生成物としてカルボン酸が生成する。

Ⅲ-2 *p*-メチル安息香酸の臭素化反応で生成する化合物に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

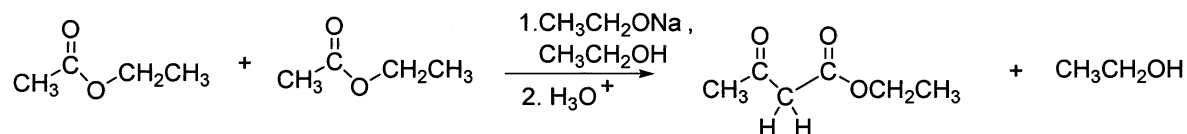
この臭素化反応は芳香族化合物でよく見られる芳香族置換反応である。芳香環はアルケンに比べて試薬に対する反応性が乏しいのでFeBr₃のような触媒が必要である。この触媒はBr₂を分極させてベンゼン環との反応性を向上させる。ベンゼン環上の2つの置換基のうち、カルボキシ基-COOHは配向性でメチル基は配向性である。したがって反応の生成物はと予測することができる。



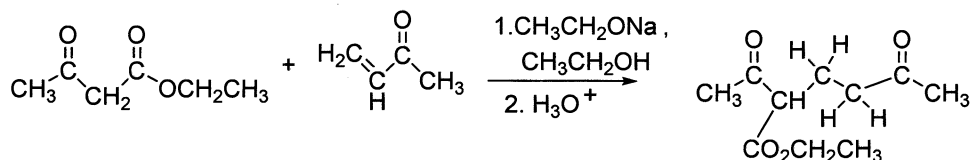
- | <u>a</u> | <u>b</u> | <u>c</u> | <u>d</u> | <u>e</u> |
|----------|----------|----------|----------|-----------------|
| ① 求電子 | Lewis塩基 | メタ | オルト-パラ | 4-ブロモ-5-メチル安息香酸 |
| ② 求核 | Lewis塩基 | メタ | オルト-パラ | 3-ブロモ-4-メチル安息香酸 |
| ③ 求電子 | Lewis酸 | メタ | オルト-パラ | 3-ブロモ-4-メチル安息香酸 |
| ④ 求電子 | Lewis酸 | オルト-パラ | メタ | 4-ブロモ-5-メチル安息香酸 |
| ⑤ 求核 | Lewis酸 | メタ | メタ | 3-ブロモ-4-メチル安息香酸 |

Ⅲ-3 下記の人名反応について、反応式が誤っているものはどれか。

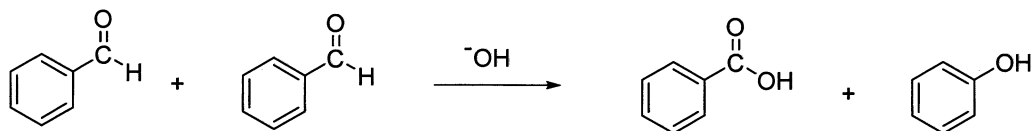
① Claisen 縮合反応



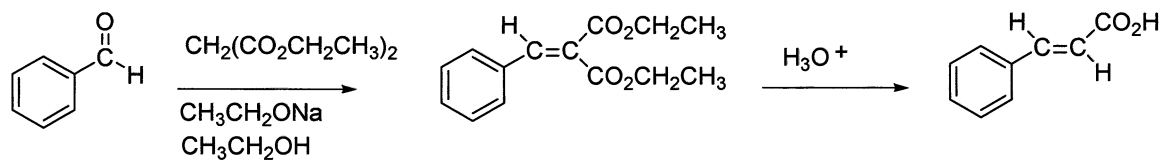
② Michael 付加反応



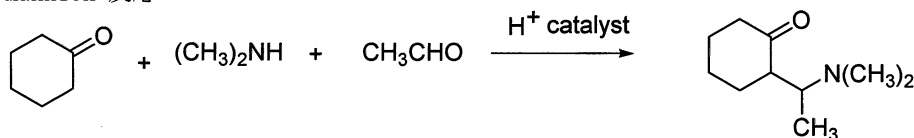
③ Cannizzaro 反応



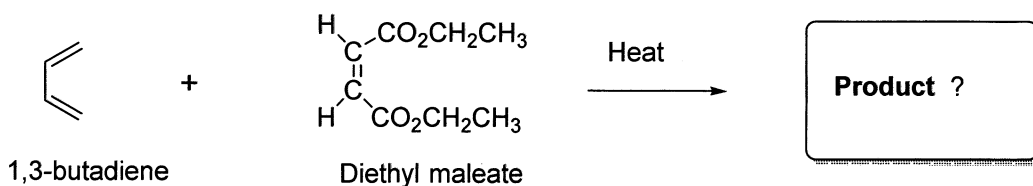
④ Knoevenagel 縮合反応



⑤ Mannich 反応



Ⅲ－４ Diels－Alder付加環化反応に関する次の記述のうち、最も正しいものはどれか。

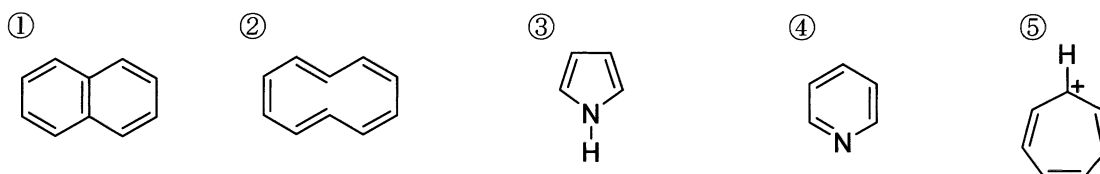


- ① 例として示した上記反応は、室温か又はそれより少し高い温度で進行し、立体特異的にトランス二置換シクロヘキセンのみを与える。
- ② 反応は環状の遷移状態を経由して進行し、すべての結合の変化が多段階に起こり、中間体を生成する。
- ③ $[4 + 2]$ π 電子の反応と同様に、2つのアルケン間の $[2 + 2]$ 付加も熱反応により進行する。
- ④ 反応は、アルケン成分（ジエノフィル）に電子供与基があると最も速く起こる。
- ⑤ 反応の立体化学の特徴として、ジエンとジエノフィルがエキソ体でなく、エンド体を与えるように配列する。

Ⅲ－５ キラル中心における分子の立体配置を表示する際にCahn－Ingold－Prelog則に基づく優先順位が用いられる。下記に示した各組の置換基が、優先順位通り正しい順番になっているものはどれか（優先順位は左側ほど高い）。

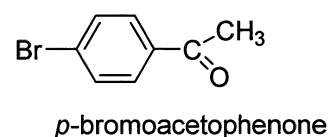
- ① $-\text{F}$, $-\text{Cl}$, $-\text{Br}$, $-\text{I}$
- ② $-\text{C}_6\text{H}_5$ (フェニル基), $-\text{C}\equiv\text{CH}$, $-\text{C}(\text{CH}_3)_3$, $-\text{CH}=\text{CH}_2$
- ③ $-\text{CO}_2\text{CH}_3$, $-\text{CH}_2\text{OCH}_3$, $-\text{COCH}_3$, $-\text{CH}_2\text{CH}_3$
- ④ $-\text{SO}_2-\text{CH}_3$, $-\text{SO}_3\text{H}$, $-\text{SH}$, $-\text{SCH}_3$
- ⑤ $-\text{CN}$, $-\text{Br}$, $-\text{CH}_2\text{Br}$, $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br}$

Ⅲ－６ 次の化合物のうち、芳香族性を持たないものはどれか。



Ⅲ－7 核磁気共鳴（NMR）に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① メチレンシクロヘキサンのヒドロホウ素化－酸化反応の生成物として考えられるシクロヘキシルメタノールと1－メチルシクロヘキサノールの2つの化合物は ^1H -NMRスペクトル測定により識別することができる。
- ② アルキニル水素（ $-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$ ）とビニル型水素（ $>\text{C}=\text{C}(\text{H})-$ ）の ^1H -NMRスペクトルの化学シフト値（ δ ）を比較すると、アルキニル水素の方が低磁場側に出現する。
- ③ フッ素19（ ^{19}F ）やリン31（ ^{31}P ）の原子核は核スピンを持たないが、奇数個の陽子を持つ核なので、NMRで検出できる。
- ④ *p*-ブromoアセトフェノンは分子中に8個の炭素原子を持っているので、 ^{13}C -NMRスペクトルにおいて8本の吸収線を示す。
- ⑤ エナンチオトピックなプロトンは異なるNMR吸収を示す。



Ⅲ－8 LPガス（液化石油ガス）に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

（統計資料は、エネルギー白書 平成30年版に基づく）

- ① LPガスは油田や天然ガス田の随伴ガス、石油精製設備などの副生ガスから取り出したブタン・プロパンなどを主成分としている。
- ② LPガスの供給は1960年代までは、国内石油精製の分離ガスが中心であったが、以降輸入比率が高まり、2017年度は供給量の約70%が輸入された。
- ③ 我が国のLPガスの主な輸入先は、カタール、アラブ首長国連邦、クウェート、サウジアラビアなどの中東諸国及び米国、豪州であり、2017年度の最大輸入先は米国である。
- ④ LPガスの消費は、家庭業務用、一般工業用、化学原料用、都市ガス用、自動車用などであるが、2017年度の最大用途先は都市ガス用である。
- ⑤ LPガスは簡単な圧縮装置を使って常温で容易に液化できる気体燃料であるため、液体の状態で輸送、貯蔵、配送が行われている。

Ⅲ-9 次のうち、炭化水素化合物の常圧における沸点の高低関係として、最も不適切なものはいずれか。

- ① ヘプタン < トルエン
- ② メチルシクロヘキサン < トルエン
- ③ 2-メチル-2-ヘキセン < メチルシクロヘキサン
- ④ 2-メチルヘキサン < 2-メチル-2-ヘキセン
- ⑤ ヘプタン < 2-メチルヘキサン

Ⅲ-10 石油の精製プロセスに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 接触改質プロセスは、最も代表的な高オクタン価基材製造装置であると同時に石油化学原料 (BTX) 製造装置でもある。
- ② 接触改質装置は、主反応が吸熱反応であるため、3基若しくは4基の各反応塔の間に中間加熱炉を設置し、反応に必要な熱を供給している。
- ③ アルキレーションプロセスは、商業的には塩酸やフッ化水素等の酸を触媒として用いる接触アルキル化プロセスが開発され、広く普及している。
- ④ 接触分解プロセスは、沸点の高い重質炭化水素を選択的に分解し、付加価値の高い留分を得るプロセスである。
- ⑤ FCC (流動接触分解) 装置は、1970年以降、重油需要の低下や白油需要の増加に対応するため、残油の混合処理が開始された。

Ⅲ-11 ジェット燃料油 (航空タービン燃料油) に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① ジェット燃料油は、ガソリンあるいは灯油のような留分で、特別な場合を除いては直留製品から作られている。
- ② ジェット燃料油は灯油型とガソリン型があるが、民間用は安全性の高い灯油型が使われている。
- ③ -40°C といった低温の成層圏を飛ぶ際、ワックス分が析出してフィルターが閉塞しないように、析出点が決められている。
- ④ ジェット燃料油は温度上昇時にタール分が生成しない熱安定性が求められる。また、熱安定性向上のため、アルキルフェノール等の酸化防止剤が添加されている。
- ⑤ 燃焼時の輝度が高いと輻射熱によりエンジン内面が損傷を受けるので、煙点が25以下に規定されている。

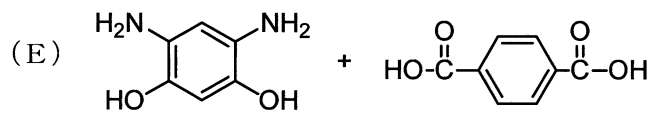
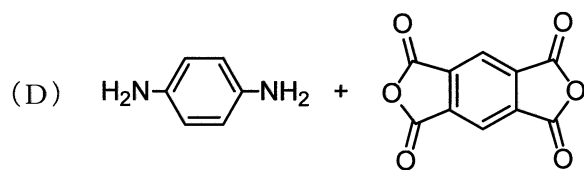
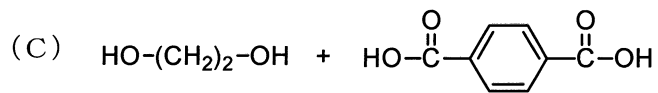
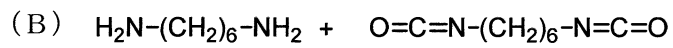
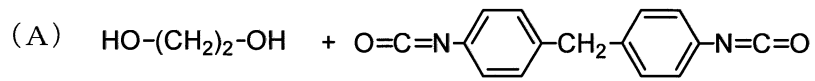
Ⅲ－12 潤滑油の基油に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 自動車用エンジン油の「SN」や「SN/RC」の表示はSAE粘度分類を表示したものである。
- ② 自動車用変速機に使用するATフルード (Automatic Transmission Fluid) は、自動変速機搭載車に使用される。
- ③ タービン油は、発電用タービンの軸受をはじめ、ターボブロワー等の高速回転機器の軸受などに主に使用されている。
- ④ 冷凍機油は、冷凍機のコンプレッサーの潤滑油であり、機能的には圧縮機油と同じであるが、圧縮される冷媒が状態変化するため、特殊な性能が必要とされる。
- ⑤ 電気絶縁油は、変圧器、コンデンサーなどの電気機器の絶縁及び冷却の役割を果たすもので、鉱油以外に各種の合成油も使用されている。

Ⅲ－13 石炭に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 無煙炭は、青色の短炎を伴って燃焼する。
- ② 石炭の燃料比は、石炭化が進むにつれて減少する。
- ③ 固定炭素の揮発分に対する比率を燃料比という。
- ④ 褐炭の燃料比は無煙炭のそれより小さい。
- ⑤ 無煙炭の燃料比は歴青炭のそれより大きい。

Ⅲ-14 次の試薬を用いた重付加あるいは重縮合により、ポリウレタンが得られるものとポリエステルが得られるものの組合せとして、最も適切なものはどれか。



- ① AとB ② AとC ③ BとC ④ CとD ⑤ DとE

Ⅲ-15 次のゴムの名称と、その代表的な化学構造式との組合せとして、最も適切なものはどれか。

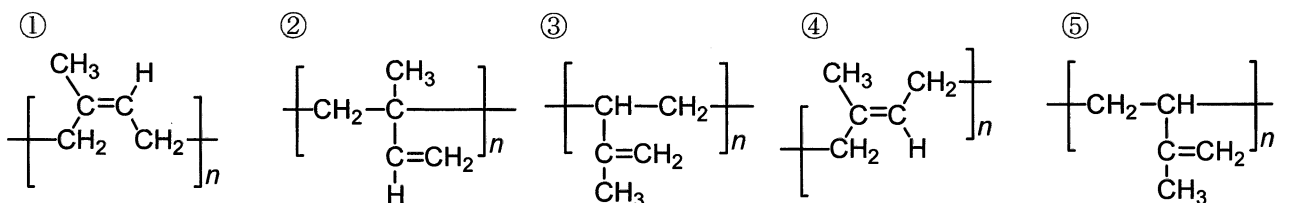
- (A) スチレン-ブタジエンゴム $\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} \right]_m \left[\text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} = \text{CH} - \text{CH}_2 \right]_n$
- (B) アクリロニトリル-ブタジエンゴム $\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{CN}}{\text{CH}} \right]_m \left[\text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 \right]_n$
- (C) アクリルゴム $\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{C}=\text{O}}{\text{CH}} \right]_m \left[\text{CH}_2 - \underset{\text{O}}{\text{CH}} \right]_n$
 OCH_2CH_3 $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$
- (D) ブチルゴム $\left[\text{CH}_2 - \text{CH}_2 \right]_m \left[\text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} \right]_n$
- (E) エチレン-プロピレンゴム $\left[\text{CH}_2 - \text{CH}_2 \right]_m \left[\text{CH}_2 - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} \right]_n$

- ① AとB ② AとD ③ BとC ④ CとD ⑤ DとE

Ⅲ-16 次の高分子のうち、生分解性が最も乏しいものはどれか。

- ① ポリヒドロキシ酪酸
 ② ポリメタクリル酸メチル
 ③ ポリ(L-乳酸)
 ④ ポリカプロラクトン
 ⑤ ポリブチレンスクシネート

Ⅲ-17 以下の図はイソプレンを重合して得られるポリイソプレンの分子構造を表している。このうち、分子鎖が動きやすい状態にあり、良好なゴム弾性を示すものはどれか。



Ⅲ-18 ラジカル重合の素反応に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① ラジカル重合は開始反応，生長反応，停止反応，連鎖移動反応からなる連鎖重合反応である。
- ② 熱や光によりラジカル重合開始剤から生成したラジカルの活性が高すぎるとモノマーと反応する前に消失し，逆に生成したラジカルが安定すぎるとモノマーと反応しないこともある。そのため，ラジカル重合では適切な寿命を持ったラジカルが重要である。
- ③ 生長反応とは，開始反応で生成したラジカル種がモノマーと連続的に反応することで高分子鎖が形成される反応のことである。
- ④ 停止反応には再結合停止と不均化停止があり，不均化停止したポリマーの分子量は再結合停止したポリマーの2倍となる。
- ⑤ エチレンのラジカル重合における分子内連鎖移動反応は低密度ポリエチレンにおける枝分かれ構造形成の原因となっている。

Ⅲ-19 次の記述の，に入る語句の組合せとして，最も適切なものはどれか。

高分子を十分高温にすると融液と呼ばれる液体になり，粘度は高いが流動する。これを冷却すると固体になる。このとき，分子鎖が折りたたまって厚さ約10ナノメートルの板状の積層構造を形成することがある。これが高分子の結晶で，結晶を形成する高分子をアという。一方，特に規則的な形態を示さないまま固体になる高分子はイという。イが冷却されて固体になる現象がウである。融液や非晶の高分子鎖は伸びきっているわけではなく，曲がって不規則な形をしている。このような分子鎖をエ状の鎖という。アでは板状の結晶であるオが生成し，それらの間には非晶の分子鎖が存在するので，高分子は100%が結晶化することはない。非晶部では高分子鎖が融液と同程度に動きやすく柔軟性を保っている。

	ア	イ	ウ	エ	オ
①	結晶性高分子	非晶性高分子	固相転移	ヘリックス	キメラ晶
②	結晶性高分子	非晶性高分子	ガラス転移	コイル	ラメラ晶
③	結晶性高分子	非晶性高分子	ガラス転移	ミセル	液晶
④	非晶性高分子	結晶性高分子	ゴム状転移	コイル	球晶
⑤	非晶性高分子	結晶性高分子	ガラス転移	ランダム	ラメラ晶

Ⅲ-20 次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

で区切られた2つの部屋の左側に純溶媒を、右側に質量濃度 C の高分子の溶液を入れる。この系が平衡状態にあるとき、左側の圧力を p 、右側の圧力を $p + \pi$ とすると、 π を といい、無限希釈状態 ($C \rightarrow 0$) で次式が成り立つ。

$$\pi = RTC/M$$

ここで R 、 T はそれぞれ気体定数、絶対温度であり、 M は高分子の場合、 である。この式は と呼ばれる。一方、 C が有限濃度である場合は

$$\pi/RTC = 1/M + AC + \dots$$

のように近似することができ、この式の比例定数 A を という。

	ア	イ	ウ	エ	オ
①	半透膜	浸透圧	重量平均分子量	ファンデルワールスの式	第3ビリアル係数
②	透過膜	透過圧	重量平均分子量	ファンデルワールスの式	第3ビリアル係数
③	半透膜	浸透圧	数平均分子量	ファンデルワールスの式	第1ビリアル係数
④	透過膜	透過圧	数平均分子量	ファンデルワールスの式	第2ビリアル係数
⑤	半透膜	浸透圧	数平均分子量	ファンデルワールスの式	第2ビリアル係数

Ⅲ-21 金属酸化物には酸性酸化物、塩基性酸化物、及び両性酸化物がある。次のうち、両性酸化物の組合せとして、最も適切なものはどれか。

(A) Al_2O_3 (B) SeO_3 (C) CaO (D) Na_2O (E) SnO_2

- ① A, E ② D, E ③ B, C ④ C, D ⑤ A, B

Ⅲ-22 ペロブスカイト型構造とその関連物質に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① ペロブスカイトは灰チタン石 (CaTiO_3) として天然に産出する。
- ② ペロブスカイトの結晶構造では、 Ca^{2+} と O^{2-} が立方最密充填構造を形成し、 Ca^{2+} が頂点位置を、 O^{2-} が面心位置をそれぞれ占め、その体心位置に Ti^{4+} が配置されている。
- ③ ペロブスカイト型構造を持つ化合物は立方晶とは限らずに、正方晶、斜方晶、菱面体晶などの歪んだものも多い。
- ④ BaTiO_3 等のペロブスカイト型構造を持つ物質の多くは、強誘電体であると同時に、圧電性、焦電性などを示し、電子材料として重要である。
- ⑤ $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ は PbTiO_3 の Ti^{4+} の位置が規則的に Zr^{4+} に置換された結晶である。

Ⅲ-23 次の各無機物質とその製造法として最も不適切なものはどれか。

- ① 水酸化ナトリウム …………… 隔膜法
- ② 炭酸ソーダ …………… 水銀法
- ③ 高純度シリコン …………… 帯域融解法
- ④ アンモニア …………… ハーバー法 (ハーバー・ボッシュ法)
- ⑤ アルミナセラミックス …………… 焼結法

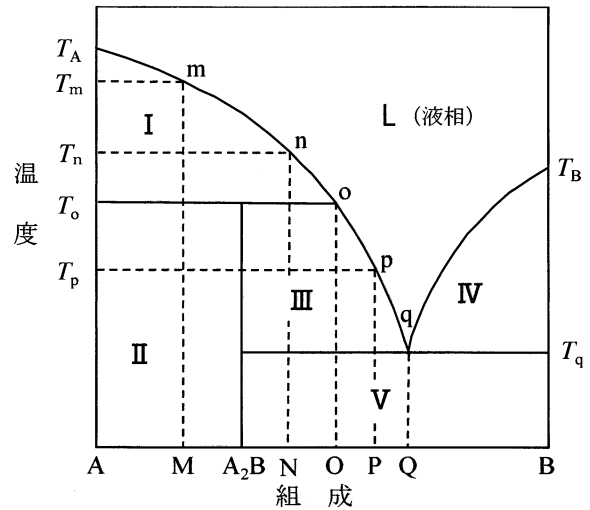
Ⅲ-24 1～5の記述において、【 】内の語句A、Bから適切なものを選び、それらの組合せとして、最も適切なものはどれか。

1. 【A： α -アルミナ， B： β -アルミナ】はナトリウム硫黄二次電池の電解質に用いられる。
2. 酸化亜鉛はセンサやバリスタだけでなく、【A：白色， B：黒色】顔料として用いられる。
3. 黒鉛は中性子に対する散乱断面積が【A：小さい， B：大きい】ため，原子炉の減速材に用いられる。
4. 【A： TiO_2 ， B：Ti】は光触媒作用を利用して環境汚染物質の分解，殺菌などに用いられる。
5. 【A： CaSO_4 ， B： $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 】はポルトランドセメントの凝結遅延剤として用いられる。

	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
①	A	B	A	A	B
②	A	B	B	B	A
③	B	B	A	B	B
④	B	A	B	A	B
⑤	B	A	B	B	A

Ⅲ-25 端成分がA及びBからなる2成分系状態図に関する次の(A)～(E)の記述のうち、不適切なものの組合せはどれか。

- (A) 領域Ⅲの構成相は A_2B と液相である。
 (B) 組成Mの液相を温度 T_n まで冷却したときの固相と液相の量比は $\overline{AM} : \overline{MN}$ である。ここで、 \overline{XY} は組成XとYを結ぶ線分の長さを示す。
 (C) q点は共晶点、 T_q は共晶温度と呼ばれる。
 (D) A_2B 化合物は加熱すると、固相のまま成分AとQに分解する。
 (E) P組成の融液を温度 T_p よりわずかに低温で保持し、種子結晶を浸すことで、 A_2B 単結晶が育成できる。



AおよびBからなる2成分系状態図

- ① A, B ② A, C ③ B, D ④ B, E ⑤ D, E

Ⅲ-26 次の記述の下線部(A)～(E)に関して、不適切なものの組合せはどれか。

(A) X線の物体への透過力は波長が短いほど大きい。 また、(B) 物体の構成元素の原子番号が大きいほど、物体が薄いほどよく透過する。 この透過力の違いを利用して物体の内部構造を観察する方法をX線透過法と呼ぶ。X線を(C) 物体に照射するとその構成元素に特有な波長を持つ特性X線(二次X線)が発生する。 この(D) 特性X線を分光分析することで構成元素を知る方法を発光分光分析法と呼ぶ。 X線は物体を構成する原子により散乱される。物体を構成する原子が規則正しく並んでいて、(E) 各原子によって散乱されるX線の位相がそろって互いに強めあう場合に、結晶構造を反映した回折線が観察される。 これを利用して結晶構造や結晶の単位格子の大きさを知る方法をX線回折法と呼ぶ。

- ① A, C ② B, C ③ B, D ④ B, E ⑤ C, E

Ⅲ-27 無機結晶物質の欠陥における次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 空孔は点欠陥である。
- ② 転位は線欠陥である。
- ③ 結晶粒界は面欠陥である。
- ④ 結晶中に生成した陰イオン空孔と陽イオンの対はショットキー欠陥である。
- ⑤ 結晶中に生成した格子間イオンと空孔の対はフレンケル欠陥である。

Ⅲ-28 二成分系（溶媒と溶質）溶液の蒸気圧に関する次の記述のうち、最も不適切なものはいずれか。

- ① 溶媒、溶質の純成分の蒸気圧はアントワン式で推算できる。
- ② 溶媒の濃度が大きくなるとその気相分圧はラウールの法則に従う。
- ③ 溶質の濃度が小さくなるとその気相分圧はヘンリーの法則に従う。
- ④ 溶質の活量係数は常に1より大きい。
- ⑤ 塩の水溶液では純水との間に浸透圧が発生するが、これは溶質を加えることによって低下した溶液の蒸気圧を、純水の蒸気圧にまで上昇させるために必要な圧力と考えることができる。

Ⅲ-29 図1, 図2に示す反応器に関する次の記述のうち, 最も不適切なものはどれか。

これらの反応器で生じるA→Bの反応は, 発熱的に進行する液相均一反応であり, 反応速度は成分Aの濃度の一次として, 次式のように表される。



反応速度 $r = dC_A / d\theta = -kC_A$

C_A : 成分Aの濃度, k : 反応速度定数, θ : 反応時間

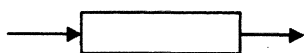


図1 管型反応器

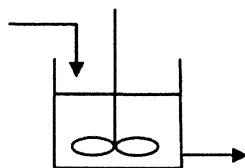
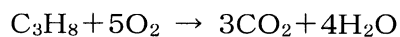


図2 槽型反応器

- ① 槽型反応器では, 槽内の成分Aの濃度を均一にできるので, 同じ反応率を得るには, 管型反応器より小さな容積でよい。
- ② 管型反応器では, 成分Aの濃度は, 入口から出口に向かって減少する。
- ③ 管型反応器では, 入口付近の除熱量を大きくしないと均一な温度とならない。
- ④ 槽型反応器では, 反応器内の成分Aの濃度は出口濃度と同じである。
- ⑤ 槽型反応器では, 混合が十分であれば, 槽内の温度を均一に保つことができる。

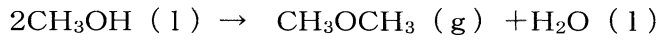
Ⅲ-30 プロパンを空気比1.2として二段燃焼で一次空気量70%であるとき, 一次空気量 (m^3_N / m^3_N) に最も近い値はどれか。反応は次の式による。



ただし, 空気中の酸素濃度, 窒素濃度はそれぞれ21.0 vol%, 79.0 vol%とする。

- ① 15 ② 20 ③ 25 ④ 30 ⑤ 35

Ⅲ-31 合成燃料であるジメチルエーテル (CH_3OCH_3) には、次式に示すようにメタノール (CH_3OH) を脱水して製造する方法がある。



$$\Delta H = x \text{ kJ/mol} - \text{CH}_3\text{OCH}_3 (g)$$

ここで用いる反応熱 (ΔH) は、発熱はマイナス、吸熱はプラスで表記する。また、(g)、(1) はそれぞれ気体状態並びに液体状態を表す。

この反応熱 (ΔH) の値を標準生成エンタルピー及び標準燃焼エンタルピーを用いて計算し、反応熱に最も近い値を示すものは①～⑤のうちどれか。

ただし、標準生成エンタルピーは、

二酸化炭素 (g) : -393.5 kJ/mol ,

水 (1) : -285.8 kJ/mol ,

メタノール (1) : -238.6 kJ/mol であり、

標準燃焼エンタルピーは、

ジメチルエーテル (g) : $-1,460.3 \text{ kJ/mol}$ である。

① 7 kJ/mol

② 375 kJ/mol

③ 945 kJ/mol

④ -177 kJ/mol

⑤ -231 kJ/mol

Ⅲ-32 気温 $T=36.0^{\circ}\text{C}$ 、水蒸気分圧 p [kPa] の空気中の水滴温度（湿球温度）が $T_s=29.0^{\circ}\text{C}$ であった。水滴表面の水蒸気分圧 p_s は水滴温度の飽和蒸気圧であり、 $p_s=3.95$ kPa である。また 36.0°C での飽和水蒸気圧は $p^*=5.92$ kPa である。

空気から水滴表面への顕熱移動速度 q_s [W/m^2] が次式で求められる。

$$q_s = h(T - T_s) \quad (h = 13.2 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) : \text{伝熱係数})$$

一方、水蒸気分圧差を推進力とする水の蒸発速度 N [$\text{mol}/(\text{m}^2 \text{ s})$] は次式である。

$$N = k(p_s - p) \quad (k = 0.0056 \text{ mol}/(\text{m}^2 \text{ s kPa}) : \text{物質移動係数})$$

これより水滴表面での潜熱移動速度 q_1 [W/m^2] は次式である。

$$q_1 = \Delta_v H \times N \quad (\Delta_v H = 43720 \text{ J}/\text{mol} : \text{水の蒸発潜熱})$$

顕熱移動と潜熱移動が等しいこと ($q_s = q_1$) から空気中の水蒸気分圧 p が求められる。

以上よりこの空気の相対湿度 ($=100 \times (p/p^*)$) として最も近い値はどれか。

- ① 30% ② 40% ③ 50% ④ 60% ⑤ 70%

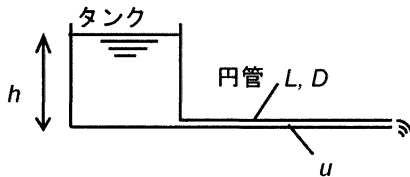
Ⅲ-33 水 100 mol に成分 A 20 mol を溶解した水溶液に、純粋なトルエン 100 mol を加え、容器の中で攪拌し、静置したところ、2液相に分離した。上層の成分 A の量として、最も近い値はどれか。相互溶解度は非常に小さいので、相互溶解度をゼロとして算出してよい。液液平衡のデータを下表に示す。

表：水-A-トルエンの液液平衡データ（単位は mol%）

水相			トルエン相		
水	A	トルエン	水	A	トルエン
92.1	7.8	0.1	0.5	2.6	96.9
84.8	15.0	0.2	1.0	5.0	94.0

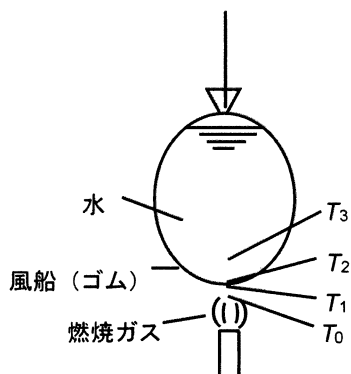
- ① 13.5 mol ② 10 mol ③ 8 mol ④ 6.5 mol ⑤ 4.5 mol

Ⅲ-34 大気開放タンクに一定深さ $h=0.34$ m で水が入っている。タンク底に長さ $L=1$ m, 管内径 $D=3$ mm の円管を水平に接続し, 大気中に水を流出させたとき, 管内の平均流速 u [m/s] として最も近い値はどれか。管入口出口間の圧力損失は, $\Delta P=4f(\rho u^2/2)(L/D)$ で計算され, これがタンク底の静水圧に等しい。ただし, 管摩擦係数 $f=0.005$, 水の密度 $\rho=1000$ kg/m³, 重力加速度 $g=9.8$ m/s² とする。



- ① 0.1 m/s
- ② 0.3 m/s
- ③ 1.0 m/s
- ④ 3.0 m/s
- ⑤ 20 m/s

Ⅲ-35 ゴム製水風船に炎をあてても, 短時間では風船は破れない。この現象を「気相(燃焼ガス)境膜-ゴム製の壁-液相(水)境膜」とした, 「固体壁を通しての2流体間の対流伝熱」のモデルで解け。その結果, 風船外側表面温度 T_1 として最も近い値はどれか。ただし, 水の温度 $T_3=20^\circ\text{C}$, 水側の伝熱係数 $h_3=1000$ W/(m² K), 風船ゴムの厚さ $\delta=200$ μm , 風船ゴムの熱伝導度 $\lambda=0.13$ W/(m K), 燃焼ガス温度 $T_0=800^\circ\text{C}$, 燃焼ガス側の伝熱係数 $h_0=5.0$ W/(m² K) とする。



- ① 41°C
- ② 30°C
- ③ 25°C
- ④ 24°C
- ⑤ 20°C