




【05】化学部門


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 次の化合物のうち、芳香族性を持たないものはどれか。

① シクロブタジエン 

② ピロール 

③ シクロペンタジエニルアニオン 

④ ピリジン 

⑤ シクロヘプタトリエニルカチオン (トロピリウムカチオン) 

Ⅲ-2 アセチレン (エチン) に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 炭素同士は、sp混成軌道で結合している。
- ② アセチレンの炭素炭素結合距離は、エタンのそれより短い。
- ③ アセチレンの炭素炭素三重結合の結合力は、エタンの炭素炭素単結合の結合力より強い。
- ④ アセチレンの水素は、エチレン (エテン) のそれより酸性であるため、 pK_a 値はより大きな値を示す。
- ⑤ 炭素炭素三重結合は、2つの π 結合と1つの σ 結合からなっている。

Ⅲ－3 核磁気共鳴 (NMR) スペクトルに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

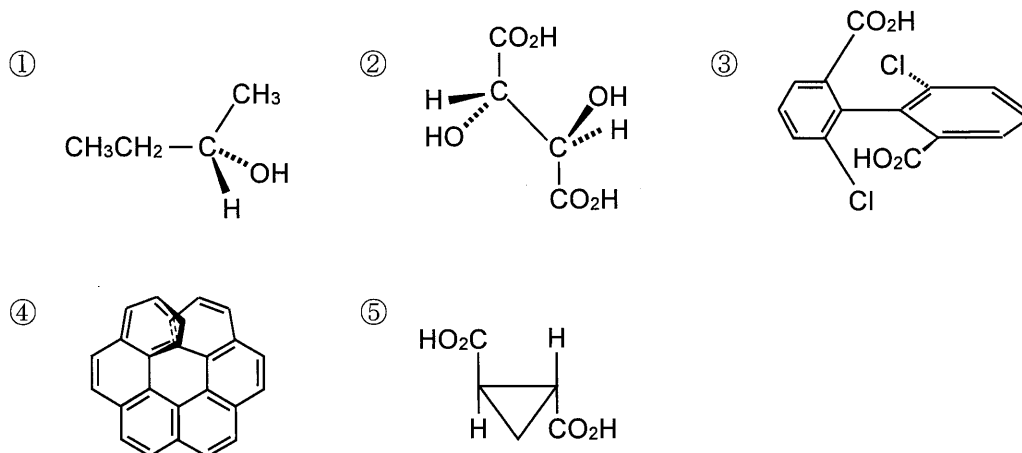
- ① 一般的なNMRスペクトル測定の内部標準としてテトラメチルシランがよく用いられる。
- ② フッ素19 (^{19}F) やリン31 (^{31}P) の原子核は核スピンを持たないが、奇数個の陽子を持つ核なので、NMRスペクトル装置で検出できる。
- ③ NMRスペクトルの化学シフト値は「観測されたシグナルと標準物質のシグナルとの振動数差 (Hz)」を「分光器の振動数 (MHz)」で割った値で、単位はppmである。
- ④ トルエンの ^1H -NMRスペクトルでは、フェニル基プロトンのシグナルはメチル基プロトンのシグナルより低磁場側に出現する。
- ⑤ 酢酸メチルの ^1H -NMRスペクトルでは、メチル基プロトンのシグナルが2本の一重線として観測される。

Ⅲ－4 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。

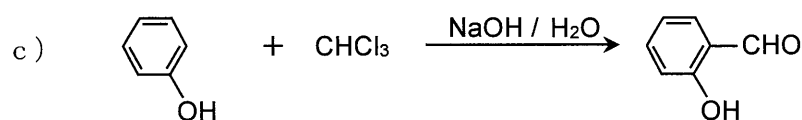
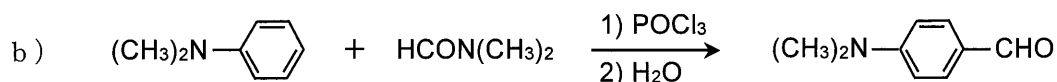
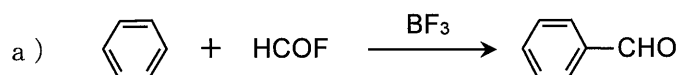
マレイン酸は、二重結合を有する A 型の二塩基酸であり、幾何異性体である B 型の酸を C という。マレイン酸の酸無水物である無水マレイン酸は、ポリマー原料等として重要な化合物である。無水マレイン酸は、工業的には古くから D を原料として製造されてきたが、その後、 E を原料とする製法が工業化された。この製造法は、反応性の低いアルカンを原料とする数少ないプロセスの1つである。

	A	B	C	D	E
①	トランス	シス	フマル酸	ナフタレン	ヘキサン
②	トランス	シス	フタル酸	ナフタレン	ヘキサン
③	シス	トランス	フマル酸	ベンゼン	ブタン
④	シス	トランス	フタル酸	ベンゼン	ヘキサン
⑤	トランス	シス	フタル酸	ベンゼン	ブタン

Ⅲ-5 次の有機化合物のうち、互いに重ね合わせられない鏡像関係にある立体異性体が存在しないものはどれか。

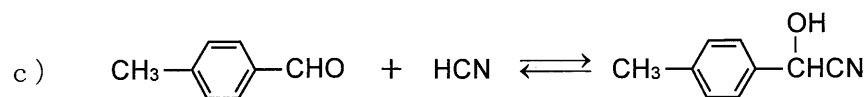
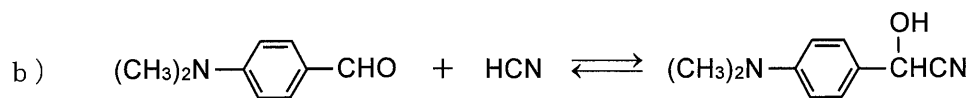
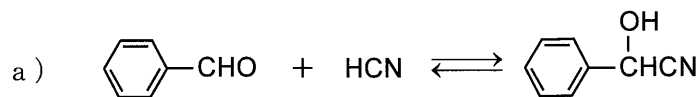


Ⅲ-6 芳香族アルデヒドは合成的に重要な中間体になり得ることから、芳香族化合物のホルミル化反応については多くの例が報告されている。その中で、以下のa)~c)に例を示した3つの反応の名称の組合せとして、最も適切なものはどれか。



	a	b	c
①	Wittig反応	Vilsmeier反応	Reimer-Tiemann反応
②	Wittig反応	Reimer-Tiemann反応	Vilsmeier反応
③	Friedel-Craftsアシル化反応	Wittig反応	Vilsmeier反応
④	Friedel-Craftsアシル化反応	Vilsmeier反応	Reimer-Tiemann反応
⑤	Friedel-Craftsアシル化反応	Reimer-Tiemann反応	Vilsmeier反応

Ⅲ-7 カルボニル基に対するHCNの付加は可逆反応である。芳香族アルデヒドにHCNが付加してシアノヒドリン類が生成する反応 a)~c)を平衡定数 (K) の大きい順に並べたものはどれか。ただし、平衡定数 (K) は、一定の条件 (20°C, 96%エタノール中) のもので、 $K = [\text{シアノヒドリン}]/[\text{芳香族アルデヒド}][\text{HCN}]$ とする。



① a - b - c

② a - c - b

③ b - c - a

④ b - a - c

⑤ c - b - a

Ⅲ－８ 新燃料に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① ガソリンに配合されるバイオETBE（エチル *tert*-ブチルエーテル）は、バイオエタノールと *n*-ブタンからの合成反応で製造される。
- ② バイオガスは、生ゴミなどを原料として嫌気性微生物が働くメタン発酵で生成する。
- ③ バイオディーゼル燃料（BDF）はナタネ油などの植物由来の油とメタノールから合成される。
- ④ 天然ガスの一種であるシェールガスは、岩盤に強い水圧をかけ破碎して抽出される。
- ⑤ ジメチルエーテル（DME）は天然ガス、石炭、バイオマス等の多様な資源から生産できる。

Ⅲ－９ 現在普及している家庭用燃料電池システムに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 80℃前後で作動する低温作動タイプの固体酸化物形燃料電池が利用されている。
- ② 燃料電池の運転に必要な水素は、都市ガスやプロパンガスなどの炭化水素燃料からつくられる。
- ③ 都市ガスやプロパンガスを利用する場合、混入されている付臭剤の有機硫黄化合物は脱硫器を通して除去する。
- ④ 改質には水素の発生量が最も多い水蒸気改質法が利用される。
- ⑤ 改質反応は反応温度が650℃以上で吸熱反応のため、燃料の一部を燃焼させて熱を供給する。

Ⅲ－10 次のうち、原油の常圧蒸留工程で留分として得られないものはどれか。

- ① 液化石油ガス ② ナフサ ③ 灯油 ④ 軽油 ⑤ 潤滑油

Ⅲ－11 軽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 主としてトラック等の自動車用ディーゼルエンジンの燃料として利用されている。
- ② 原油から得られた直留軽油を深度脱硫装置で硫黄分を除去して製造されている。
- ③ 潤滑性向上剤が添加されている。
- ④ ディーゼルエンジンの圧縮着火がスムーズに起こるようにオクタン価がJISで規定されている。
- ⑤ 冬季には必要に応じて流動性向上剤が添加される。

Ⅲ－12 自動車用エンジンオイルのエンジン内部における作用に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 油膜によって酸素や水の付着から部品を守り錆びないようにする防錆作用がある。
- ② 摩擦を減らして部品同士のすべりをよくし、運動効率を高める潤滑作用がある。
- ③ 各部品の運動によって生まれた金属片や異物などのゴミを洗い流す洗浄作用がある。
- ④ ピストンとシリンダー内壁の隙間を埋め、混合気がシリンダー下部に漏れないようにする気密作用がある。
- ⑤ オイルフィルターの熱を奪い、オーバーヒートを防ぐ冷却作用がある。

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。

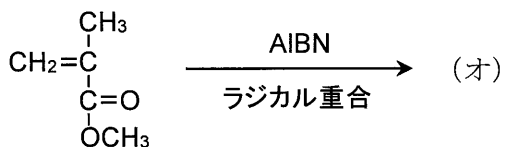
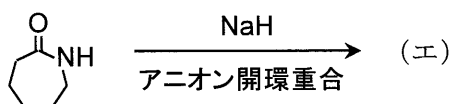
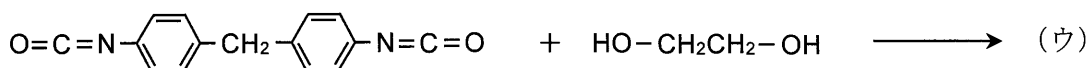
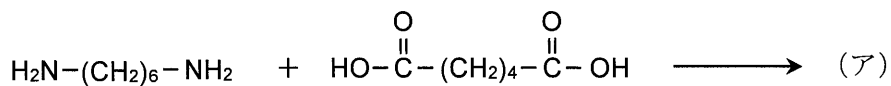
- ① 堆積層内の植物質は、化学変化により芳香族環が発達していく。その結果、褐炭、亜炭、亜瀝青炭、瀝青炭、無煙炭の順に変化する。
- ② 原料炭とは、コークス製造の原料に使用される石炭で、粘結性が低い石炭である。
- ③ 石炭から直接エネルギーを取り出す代表的な方法は、石炭を微粉炭に粉砕して燃焼させる微粉炭燃焼である。
- ④ 石炭の持つ特徴の1つは、石油・天然ガスに比べ地域的な偏りが少なく、世界に広く存在していることである。
- ⑤ 自国消費が多いため、国際商品として貿易できる量は少ない資源である。

Ⅲ-14 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。

高分子はその構造により2種に大別できる。一部が結晶で一部が非晶のA高分子、すべて非晶のB高分子である。非晶部は低温ではC状態、高温ではD状態であり、C状態からD状態への転移をEという。D状態は運動性が高く、高分子鎖は、分子振動以外に、Fを行っている。

	A	B	C	D	E	F
①	結晶性	非晶性	ガラス	ゴム	ガラス転移	ミクロブラウン運動
②	結晶性	非晶性	ゴム	ガラス	ガラス転移	ミクロブラウン運動
③	結晶性	非晶性	ガラス	ゴム	ミクロブラウン運動	ガラス転移
④	非晶性	結晶性	ゴム	ガラス	ミクロブラウン運動	ガラス転移
⑤	非晶性	結晶性	ガラス	ゴム	ミクロブラウン運動	ガラス転移

Ⅲ-15 次の反応で得られる(ア)～(オ)の高分子の一般名の組合せとして、最も適切なものはどれか。



	ア	イ	ウ	エ	オ
①	ポリカーボネート	ポリウレタン	ナイロン6	PMMA*	ナイロン66
②	ナイロン66	ポリカーボネート	ポリウレタン	ナイロン6	PMMA*
③	ポリウレタン	ナイロン6	PMMA*	ナイロン66	ポリカーボネート
④	ナイロン6	PMMA*	ナイロン66	ポリカーボネート	ポリウレタン
⑤	PMMA*	ナイロン66	ポリカーボネート	ポリウレタン	ナイロン6

* PMMA : ポリメタクリル酸メチル

Ⅲ-16 高分子化学と高分子産業の発展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。

1839年 A は天然ゴムを加硫すると高温にしてもべたつかない高弾性の物質になることを見出し、後のダンロップの空気入りタイヤの発明につながった。1868年ハイアット兄弟はセルロイドを発明し、1905年 B は、ベークライトを発明し、今日のプラスチック産業の発展が始まった。一方、1920年ごろから C は、セルロースなどが高分子であることを証明し、1953年、ノーベル化学賞が贈られた。1930年代初め、 D は、ナイロンを発明し、合成繊維産業の基礎を築いた。1950年ごろには高分子化学の基礎が確立し、 E は、その集大成として”Principles of Polymer Chemistry”を著し、1974年、ノーベル化学賞が贈られた。

	A	B	C	D	E
①	カロザーズ	フローリー	グッドイヤー	ベークランド	シュタウディング
②	フローリー	グッドイヤー	ベークランド	シュタウディング	カロザーズ
③	グッドイヤー	ベークランド	シュタウディング	カロザーズ	フローリー
④	ベークランド	シュタウディング	カロザーズ	フローリー	グッドイヤー
⑤	シュタウディング	カロザーズ	フローリー	グッドイヤー	ベークランド

Ⅲ-17 高分子の分子構造に関する次の記述の下線部のうち、最も不適切なものはどれか。

出発原料となる低分子物質には、ビニルモノマー、① 二重結合1個を含むジエンモノマー、官能基を2個以上持つアミノ酸、ヒドロキシカルボン酸、さらにエチレンオキシドのような② 環状モノマーがある。

高分子を形成するモノマーが1種類の場合は、この高分子をホモポリマーといい、2種類以上のモノマーからできているときは、共重合体あるいは③ コポリマーと呼ぶ。

共重合体中のモノマーの配列にはいろいろの種類があり、モノマーの結合順序がランダムなときは、この共重合体をランダム共重合体と呼ぶ。また、モノマーがある規則性を持って結合する場合、例えば、AとBというモノマーが共重合するとき、

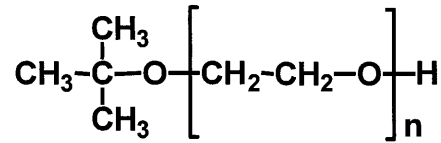
ABABABAB・・・

のようにAとBが交互に結合しているものを④ 交互共重合体、

(AA・・・AA)(BB・・・BB)(AA・・・AA)(・・・

のように、ある程度連続してブロック的な配列をとるものを⑤ ブロック共重合体という。

Ⅲ-18 t-ブトキシカリウムを触媒としたエチレンオキシドの精密開環重合により、下記のような末端まで構造が明確なポリマーが得られた。その $^1\text{H-NMR}$ スペクトル解析によれば、繰返し単位中のメチレンプロトン由来のシグナルと末端基中のメチルプロトン由来のシグナルとの強度比が40 : 1であった。得られたポリマーの数平均重合度に最も近いものはどれか。通常、 $^1\text{H-NMR}$ スペクトルの各シグナルの強度は由来するプロトン数に正比例する。



- ① 40 ② 90 ③ 120 ④ 160 ⑤ 360

Ⅲ-19 エンプラ（エンジニアリングプラスチック）などの機能性高分子に関する次の(A)～(E)の記述について、誤っているものの組合せはどれか。

- (A) エンプラは、通常 100°C 以上の温度に耐えることができ、強度も高いプラスチックのことである。
- (B) 芳香族ポリアミド（アラミド）は、脂肪族ポリアミド（例えばナイロン66）よりも耐熱性が高く、高強度であるが、プラスチック成形加工しにくい。
- (C) 代表的なアラミドとして、イソフタル酸ジクロリド（*m*-フタル酸ジクロリド）と *m*-フェニレンジアミンから合成されるケブラー（デュポン社の登録商標）がある。
- (D) ポリカルボナート（ポリカーボネート）は、ホスゲンとビスフェノールAから合成でき、耐衝撃性、寸法安定性に優れたエンプラである。
- (E) ポリブチレンテレフタレートは、ポリエチレンテレフタレートより寸法安定性が劣り、結晶化速度が遅いため成形性も悪い。

- ① A, B ② B, C ③ C, E ④ D, E ⑤ A, E

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。

高分子鎖上に多くの解離基を持つものを A と呼ぶ。 A は水中で解離基が一部又は全部解離すると、多数の電荷を持つ巨大な B と低分子イオンを生じる。低分子イオンは C と呼ばれ、 B とは反対符号の電荷を持つ。 B はスルホナートイオンやカルボキシラートイオンなどを持つ D ，第四級アンモニウム基などを有する E などに分類される。

	A	B	C	D	E
①	高分子電解質	対イオン	高分子イオン	ポリアニオン	ポリカチオン
②	高分子電解質	高分子イオン	対イオン	ポリアニオン	ポリカチオン
③	高分子イオン	高分子電解質	対イオン	ポリカチオン	ポリアニオン
④	高分子電解質	高分子イオン	対イオン	ポリカチオン	ポリアニオン
⑤	ポリカチオン	ポリアニオン	高分子イオン	高分子電解質	対イオン

Ⅲ-21 硫黄及び硫黄化合物に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ① 二酸化硫黄を水に溶かした亜硫酸は弱酸性を持ち還元剤として作用する。
- ② 熱濃硫酸には強い酸化作用があり、希硫酸は強い酸性を示す。
- ③ 硫黄は、ゴムに添加して分子間の架橋による網目構造を形成するために使用される。
- ④ 硫黄単体には、斜方晶系、単斜晶系のような同素体が存在する。
- ⑤ 接触法硫酸製造での SO_2 から SO_3 への転化は吸熱反応で、五酸化バナジウム主体の触媒を使う。

Ⅲ-22 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、酸性酸化物はどれか。

- ① MgO ② Al_2O_3 ③ BeO ④ SiO_2 ⑤ Na_2O

Ⅲ-23 次の窒素酸化物のうち、 25°C 、大気圧で固体になるものはどれか。

- ① N_2O_5 ② NO_2 ③ N_2O_3 ④ NO ⑤ N_2O

Ⅲ-24 日本のソーダ工業に関する次の記述の下線部のうち、最も不適切なものはどれか。

ソーダ工業は、塩を原料に、幅広い産業分野の原料・副原料、反応剤などに使われる化学薬品を製造する工業で、基礎素材産業の1つである。日本におけるソーダ工業は、塩水を電気分解して、① 苛性ソーダ (NaOH)、② 塩素、③ 酸素を製造する「電解ソーダ工業」と、同じく塩を原料に、④ 炭酸ガスや⑤ アンモニアガスを反応させてソーダ灰を製造する「ソーダ灰工業」とから成り立っている。

電解ソーダ工業の特徴は、塩水の電気分解によって、① 苛性ソーダ (NaOH)、② 塩素、③ 酸素という全く性質の異なる製品が、常に一定の比率で製造されること、特に、需要分野の違う、① 苛性ソーダ (NaOH)と② 塩素、両製品の需給バランスを常に考慮しながら操業することから、別名「バランス産業」とも言われている。さらに、電解ソーダ工業の主要な原料である塩と電気において、塩がすべて海外から輸入されること及び、電力が、製造コストの約3割を占めることも特徴の1つである。

Ⅲ-25 無機物質は多くの技術分野で用いられている。物質とその応用の組合せとして、最も不適切なものはどれか。

- ① 酸化チタン … 光触媒
- ② バリウムフェライト … 永久磁石
- ③ アルミナ … LSI基板
- ④ 安定化ジルコニア … 酸素センサー
- ⑤ チタン酸バリウム … 包丁

Ⅲ-26 電池に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① マンガン乾電池は正極に電解二酸化マンガン、負極に金属亜鉛を用いる。
- ② 鉛蓄電池の電解質は硫酸である。
- ③ 充電により繰り返し使える電池を一次電池という。
- ④ カソード反応の進行電位と、アノード反応の進行電位の差が電池の作動電圧である。
- ⑤ リチウム電池では、リチウムが水と激しく反応するため、電解質には非水電解液が用いられる。

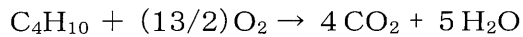
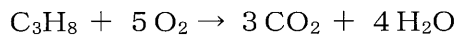
Ⅲ-27 物質と構成元素又は化合物の組合せとして、最も不適切なものはどれか。

- ① フラーレン … 炭素
- ② ルビー … 酸化マグネシウム
- ③ サファイア … 酸化アルミニウム
- ④ べんがら … 酸化鉄
- ⑤ 水晶 … 酸化ケイ素

Ⅲ-28 膜分離に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 膜を用いるガス分離法は、水素の精製、空気からの酸素、窒素の濃縮などに用いられている。
- ② 膜を用いるガス分離では、透過性はガス分子の大きさに依存しない。
- ③ 液体中の不純物を除去する分離膜では、精密ろ過膜、限外ろ過膜、逆浸透膜の順に分離の対象とする物質のサイズが小さくなる。
- ④ 逆浸透膜は、海水の淡水化に用いられている。
- ⑤ 希薄溶液の浸透圧は溶質の濃度に依存するが、溶質がイオン化するときには、解離したすべてのイオン種の濃度を考慮しなければならない。

Ⅲ-29 プロパン30.0 vol%，ブタン70.0 vol%の混合ガス 1 m³を理論空気量の1.15倍の空気を供給し完全燃焼させたとき、水蒸気を除く燃焼ガス量に最も近い値はどれか。混合ガス、燃焼ガスはともに25℃、100 kPaの条件下にあり、反応は次式による。



なお、空気中の酸素濃度、窒素濃度はそれぞれ21.0 vol%，79.0 vol%とし、各元素の原子量は、H=1，C=12，O=16とする。

- ① 4 m³ ② 26 m³ ③ 31 m³ ④ 34 m³ ⑤ 57 m³

Ⅲ-30 1辺4 mの四角形の水槽がある。水槽には底面から高さ100 mmの所に内径φ20 mmのノズルが付いている。この水槽に水を入れ、そのノズルより排出される水の量を計測したところ10秒間に0.013 m³であった。このときの水槽の液深として、最も近い値はどれか。

なお、ノズルから水が流出するときの圧力損失は考慮しないものとし、ノズルからの水の流出速度はトリチェリの定理 $u = \sqrt{2gH}$ に従うものとする。

u : 流出流速 (単位面積単位時間当たりの排出量) [m/s], H : 水面の高さ [m],

g : 重力加速度9.8 m/s², 水の密度 : 1,000 kg/m³

- ① 0.57 m ② 0.67 m ③ 0.77 m ④ 0.87 m ⑤ 0.97 m

Ⅲ-31 内層に厚み150 mm, 熱伝導度1.5 W/m・Kの断熱材を用い, 外層に厚み200 mm, 熱伝導度0.2 W/m・Kの保温材を用いた炉がある。炉内面温度が800℃, 外面温度が140℃のとき, 断熱材と保温材の境界面における温度として, 最も適切な値はどれか。

伝熱量 (伝熱速度) は $Q = -kA \frac{dT}{dx}$ で表される。なお, Q : 伝熱量 [W], k : 熱伝導度 [W/m・K], A : 伝熱面積 [m²], T : 温度 [K], x : 位置 (厚さ) [m] である。

- ① 700℃ ② 720℃ ③ 740℃ ④ 760℃ ⑤ 780℃

Ⅲ-32 水溶液を濃縮するための三重効用蒸発缶がある。蒸発缶の伝熱面積は3缶ともに 10 m^2 、第1缶、第2缶、第3缶の操作圧力はそれぞれ $P_1 > P_2 > P_3$ 、蒸発蒸気温度は $T_1 > T_2 > T_3$ である。第1缶は 132°C のスチームで加熱しており、蒸発蒸気温度 T_1 は 94°C である。第2缶の加熱に用いられた凝縮水量を計測したところ、1時間当たり 456 kg であった。各缶での沸点上昇は第1缶で 0°C 、第2缶で 2°C 、第3缶で 4°C である。各缶の総括伝熱係数（熱貫流係数）は操作圧力、温度に関係なく一定とした場合、第3缶の蒸発蒸気温度 T_3 として、最も適切な値はどれか。

なお、水の蒸発熱及び凝縮熱ともに 500 kcal/kg で一定とする。

- ① 12°C ② 14°C ③ 16°C ④ 18°C ⑤ 20°C

Ⅲ-33 室内空間容積 $6,000 \text{ m}^3$ の作業場がある。作業場内は作業環境保護のため送風量 $12,000 \text{ m}^3/\text{h}$ の換気扇で換気をしている。作業場には換気扇の他に循環風量 $8,000 \text{ m}^3/\text{h}$ 、冷却能力 20 kW のクーラーを設置している。外気温が 30°C のとき、室内温度として、最も近い値はどれか。

なお、室内空気は完全に混合しており、室内外ともに圧力変動はないものとする。また、空気比熱は $1,010 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}$ 、空気密度は 1.1 kg/m^3 、 $1 \text{ kW}\cdot\text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$ の一定値とする。

- ① 16°C ② 19°C ③ 22°C ④ 25°C ⑤ 28°C

Ⅲ-34 1次反応で崩壊するヨウ素131の半減期は8日である。ヨウ素131に基づく放射能の量が100万ベクレル (Bq) であった。放射能の量が1,000ベクレル (Bq) になるには、おおよそ何日かかるか。ただし、 $\text{Log}_{10} 2 = 0.301$ である。

- ① 27日 ② 80日 ③ 250日 ④ 2,400日 ⑤ 8,000日

Ⅲ-35 水84 molに成分A 16 molを溶解した水溶液に、純粋なトルエン84 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、ここでは、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。

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	0.2	1	5	94

- ① 2 mol ② 4 mol ③ 8 mol ④ 12 mol ⑤ 15 mol