

専 門 科 目

化学・生物系分野

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題用紙を開いてはいけません。
- 2 問題用紙は5ページ、解答用紙は5ページあります。試験開始の合図があつてから確かめなさい。
- 3 監督者の指示に従い、解答用紙の各ページに受験番号を記入しなさい。氏名を書いてはいけません。
- 4 文字などの印刷に不鮮明なところがあつた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 5 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。ただし、「総得点欄」「採点欄」「得点欄」に記入してはいけません。
- 6 問題用紙の余白は下書きとして利用してよい。
- 7 試験終了後、配付された問題用紙と、下書き用紙は持ち帰りなさい。

(注意)

問題1，問題2は必答問題です。全員が解答しなさい。

問題3，問題4は選択問題です。どちらか選んで解答しなさい。

解答用紙の表紙の表で、自分が選択した問題の解答選択欄に○印をつけなさい。

問題用紙

(化学・生物系分野)

問題1 (必答問題)

以下の(1)～(4)の問いに答えなさい。

(1) 次に示す物質の組み合わせのうち、互いに同素体であるものに○，そうでないものに×を記しなさい。

- (ア) ダイヤモンドと黒鉛 (イ) 金と白金 (ウ) 一酸化窒素と二酸化窒素
(エ) 酸素とオゾン (オ) メタンとエタン

(2) 次の文について、正しいものに○，誤っているものに×を記しなさい。

- (ア) 塩化カルシウムは乾燥剤などに用いられる。
(イ) 石けんはカルシウムイオンなどを多く含む硬水の方が泡立ちやすい。
(ウ) 多くの使い捨てカイロは、空気中での鉄の酸化反応による発熱を利用している。
(エ) エチレンを重合させて得られる高分子は、容器や袋などに用いられる。
(オ) 炭酸水素ナトリウムは、ベーキングパウダー(ふくらし粉)などに用いられる。

(3) 周期表に関する次の文について、正しいものに○，誤っているものに×を記しなさい。

- (ア) 周期表の縦の列を族といい、第1族から第7族までである。
(イ) 同じ周期に属する元素は価電子の数が等しい。
(ウ) 周期表の第1族のすべての元素をアルカリ金属という。
(エ) アルカリ金属元素は、1価の陽イオンになりやすい。
(オ) リチウムよりカリウムの方が陽イオンになりやすい。

(4) 有機化学に関する次の文について、正しいものに○，誤っているものに×を記しなさい。

- (ア) メタン分子(CH_4)のH-C-Hの結合角は四つの水素が互いに最も離れた位置に来るように 90° になっている。
(イ) エタンの炭素-炭素間の結合は π 結合と呼ばれる共有結合で、室温では自由に回転できる。
(ウ) ベンゼンの炭素-炭素二重結合はエチレンなどとは異なり、求電子置換反応が起こりやすい。
(エ) アセチレン(IUPAC名はエチン)には3個の σ 結合と2個の π 結合が含まれている。
(オ) 第一級アルコールは酸化されるとカルボン酸を経由してアルデヒドになる。

問題用紙

(化学・生物系分野)

問題2 (必答問題)

以下のAおよびBの両方の問題に答えなさい。

A

次の(1)～(13)の問いにふさわしい答えを下記の語群から一つ選んでその記号を書きなさい。

- (1) 光合成は葉のどの部分で行われるか。
- (2) 光合成によってある養分と気体がうまれる。何と何か。
- (3) 光合成と呼吸の両方が行われるのは1日のなかでいつ頃か。
- (4) だ液には養分を分解する消化酵素が含まれている。その消化酵素を何というか。
- (5) 口から肛門までつづく1本の管を何というか。
- (6) デンプンは分解されて何になるか。
- (7) 小腸の壁には養分を吸収するためのひだがついている。そのひだを何というか。
- (8) 気管支の先にある小さな袋があり、空気中の酸素はこの袋内にある血液にとりこまれる。この袋を何というか。
- (9) 核内に存在し遺伝子の本質である物質は何というか。
- (10) 細胞を包む薄い膜を何というか。
- (11) 一生を通じて一つの細胞からなる生物を何というか。
- (12) 細胞内で観察される現象で、原形質が一定方向に流れる現象を何というか。
- (13) 細胞の膜の内外について、濃度の低い側から濃度の高い側へ浸透圧に逆らってエネルギーを使い物質が動く現象を何というか。

語群

- | | | |
|-----------------|--------------|-------------|
| (ア) 葉緑体 | (コ) 消化管 | (テ) mRNA |
| (イ) ゴルジ体 | (サ) 血管 | (ト) 細胞質膜 |
| (ウ) デンプンと酸素 | (シ) ブドウ糖 | (ナ) 細胞壁 |
| (エ) タンパク質と二酸化炭素 | (ス) キシリトール | (ニ) 単細胞生命体 |
| (オ) 朝と夕方 | (セ) じゅう毛 | (ヌ) 病原性ウイルス |
| (カ) 昼間 | (ソ) べん毛 | (ネ) 原形質流動 |
| (キ) 夜間 | (タ) 肺胞 | (ノ) 能動輸送 |
| (ク) アミラーゼ | (チ) 酸素胞 | (ハ) 交換輸送 |
| (ケ) プロテアーゼ | (ツ) デオキシリボ核酸 | |

B

下の図は、いろいろな細胞などの、およその大きさを示したものである。図の(1)～(6)に対応する大きさのものを、次の語群(ア)～(ク)から一つ選んでその記号を書きなさい。

語群

- | | | |
|------------|---------------|-------------|
| (ア) 大腸菌 | (エ) 生体膜の厚さ | (キ) 水素原子の直径 |
| (イ) ヒトの赤血球 | (オ) ゾウリムシ | (ク) ヒトの座骨神経 |
| (ウ) カエルの卵 | (カ) 光学顕微鏡の分解能 | |

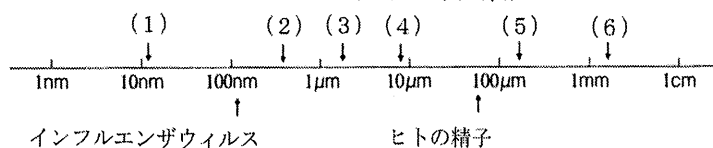


図 色々な細胞などの大きさ

問題用紙

(化学・生物系分野)

問題 3 (選択問題)

以下のAまたはB (次のページ) のどちらか一方を解答しなさい。両方解答した場合は無効です。

A

次の文章を読み、(1)～(6)の問いに答えなさい。(2)、(4)は、計算過程も書きなさい。

炭酸カルシウムは、石灰石、大理石、卵や貝殻の主成分である。用途は、建材、セメント、製紙、プラスチック、ゴム、食品、医薬品など多岐にわたる。炭酸カルシウムを得る方法の一つとして炭酸ガス化法がある。この方法ではまず、炭酸カルシウムを含む原料を粉砕して高温に加熱する。高温では原料中の①炭酸カルシウムが酸化カルシウムとなり、同時に二酸化炭素が発生する。次に、下線部①の反応で得られた②酸化カルシウムを水に溶解させて水酸化カルシウムの水溶液にし、③これに下線部①の反応で得られた二酸化炭素を反応させると、炭酸カルシウム結晶を析出させることができる。ただし、④これにさらに二酸化炭素を通じると、炭酸カルシウムは溶解してしまう。

- (1) 下線部①～③の化学反応式を書きなさい。
- (2) 下線部①の反応の標準反応エンタルピーを計算し、この反応が発熱反応か吸熱反応か答えなさい。ただし、炭酸カルシウム、酸化カルシウム、二酸化炭素の標準生成エンタルピーはそれぞれ、 $-1207 \text{ kJ mol}^{-1}$ 、 -634 kJ mol^{-1} 、 -394 kJ mol^{-1} とする。
- (3) 下線部①の反応は、高温で反応熱の正負にかかわらず進行する。この理由について「二酸化炭素」と「エントロピー」の語を用いて簡潔に説明しなさい。
- (4) 下線部②の反応で得られた水酸化カルシウム水溶液のpHは 25°C で12であった。水酸化カルシウム水溶液のモル濃度 (mol L^{-1}) を有効数字2桁で求めなさい。ただし、水酸化カルシウムの電離度は1.0とする。
- (5) 下線部③の反応では炭酸カルシウムは析出するが、下線部④で示したように、二酸化炭素を過剰に通じると炭酸カルシウムは再び溶解する。このことから、炭酸カルシウムは水がどの条件のときに溶解しやすくなると考えられるのか、答えなさい。
- (6) 炭酸カルシウムの結晶はアラゴナイトとカルサイトである。それぞれの結晶の単位格子に関する以下の文章を読んで、あてはまる結晶系を下の語群から選んで答えなさい。単位格子と格子定数は右の図1を参考にする事。
 - (i) アラゴナイトの単位格子は a 軸、 b 軸、 c 軸の3軸が直交し、格子定数 a 、 b 、 c はそれぞれ異なる値をとる。
 - (ii) カルサイトの単位格子は直方体の一つの面がひし形に変形した構造である。格子定数は a と b が等しく、 c は a 、 b よりも大きい。 a 軸と c 軸、及び b 軸と c 軸は直交しているが、 a 軸と b 軸のなす角度は 120° である。

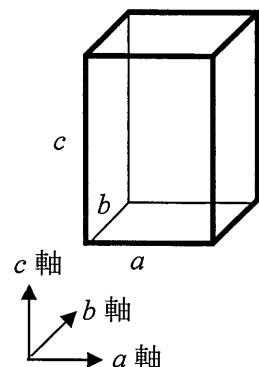


図1 単位格子と格子定数

語群：立方晶，正方晶，直方晶，六方晶，三方晶，三斜晶，単斜晶

(次のページに続く)

問題用紙

(化学・生物系分野)

前ページの続き

B

図2の化合物BとCはAを原料として合成することができる。これについて(1)～(6)の問いに答えなさい。

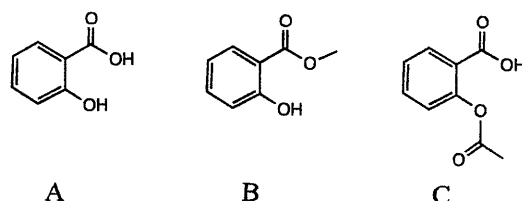


図2 化合物A～Cの構造式

- (1) 化合物A～Cの分子式を書きなさい。
- (2) 化合物Aに含まれる官能基を二つ選び、その名称を書きなさい。
- (3) 化合物A～Cの名称を書きなさい。名称は慣用名でもIUPAC名でも構わない。
- (4) 化合物BはAを多量のメタノール中で少量の硫酸と共に加熱すると合成できる。この反応は、付加反応、脱離反応、置換反応、異性化反応のどれに該当するか書きなさい。
- (5) 次の①～④の文章は(4)の反応のメカニズムを4段階に分けて言葉で表したものである。②～④に該当する反応のメカニズムを解答用紙の①に書かれた例にならって、電子の動きを示す屈曲矢印を用いて書きなさい。
 - ① 化合物Aに含まれる酸素原子にプロトンが付加してプロトン化が起こる。
 - ② プロトン化された官能基に対してメタノールが求核攻撃して正四面体中間体を与える。
 - ③ ②で生成した中間体内でプロトンの移動が起こり、第二の正四面体中間体を与える。
 - ④ ③の中間体から「よい脱離基」である水が脱離すると共にプロトンが脱離して酸素を含む官能基が再生されて化合物Bが生成する。
- (6) 図3の(ア)～(ウ)は、化合物Cとその2種類の構造異性体の¹H NMRスペクトルの7～8 ppm付近を模式的に表したもので、各スペクトル上部の数字と文字は積分強度比と分裂パターンを示している。どれが化合物Cのスペクトルに最も近いのか、理由と共に書きなさい。(s:1重線 d:2重線 t:3重線)

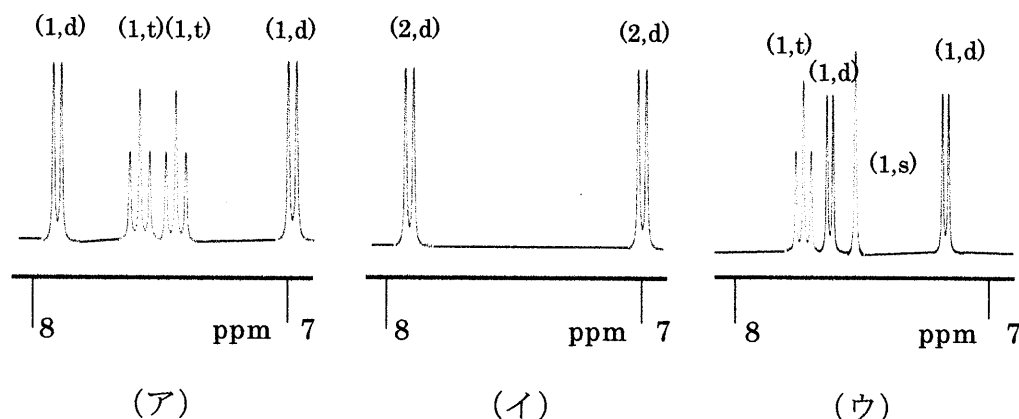


図3 化合物Cと構造異性体の¹H NMRスペクトルの模式図

問題用紙

(化学・生物系分野)

問題 4 (選択問題)

酵素のはたらきに関する次の文章を読んで、(1)～(5)の問いに答えなさい。

酵素は、生体内でのさまざまな化学反応を触媒するタンパク質である。酵素には、基質と結合する(ア)部位があり、特定の基質とのみ結合し、反応する。この性質を(イ)とよぶ。酵素の反応速度は、pH や温度といった環境に影響を受け、最も酵素活性が高くなる温度やpHをそれぞれ(ウ)温度、(ウ)pHとよぶ。

酵素Eの反応速度 v と化合物Sの濃度 $[S]$ の関係をグラフにしたところ、図1のようになった。また、縦軸を反応速度の逆数 $1/v$ 、横軸を化合物Sの濃度の逆数 $1/[S]$ にしたところ、図2のようになった。酵素Eの濃度を一定として化合物Sの濃度を変化させた場合の最大反応速度を V_{\max} 、ミカエリス定数を K_m とした場合、以下の式が成り立つ。

$$v = \frac{V_{\max} \times [S]}{K_m + [S]}$$

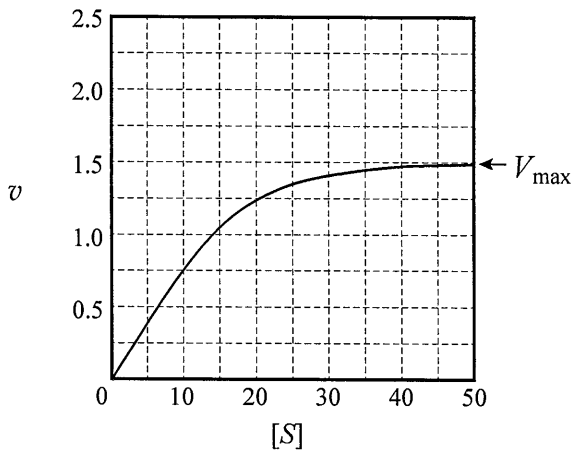


図1 v と $[S]$ の関係

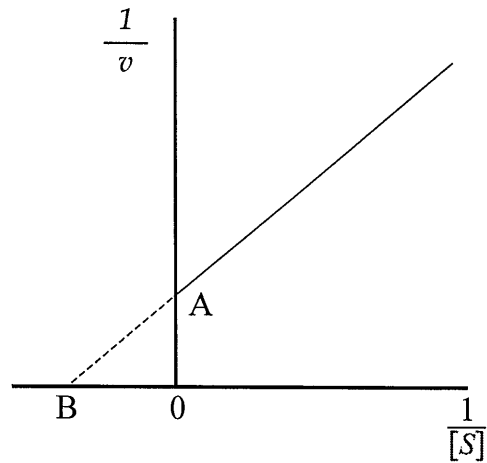


図2 v と $[S]$ の二重逆数プロット

- (1) 文章中の(ア)～(ウ)に当てはまる語を下の語群からそれぞれ一つ選び答えなさい。
語群：拡散、活性、基質親和性、基質耐性、基質特異性、極限、酵素、至適、絶対
- (2) 化合物Sが一定の濃度以上になると反応速度が上限に達する理由を50字程度で述べなさい。
- (3) 図1の反応時、 V_{\max} は1.5であった。この時、酵素Eの化合物Sに対する K_m の値はいくつか、数字で答えなさい。なお、単位は省略して良い。
- (4) 酵素Eの量を2倍にした場合の V_{\max} と K_m の値はいくつか、数字で答えなさい。なお、単位は省略して良い。
- (5) 図2において、直線と縦軸、横軸との交点をそれぞれA、Bとする。AとBの座標を V_{\max} 、 K_m を用いて答えなさい。