

2025 年度 城西大学大学院理学研究科物質科学専攻

第一次入学試験問題

(2024 年 11 月 23 日)

専門科目

〔解答上の注意〕

1. 物理化学、有機化学、無機化学、生化学の 4 科目につき、問題番号 1 ～問題番号 8 が出題されています。これらの中から、科目にかかわらず合計 4 つの問題を選択して解答しなさい。
2. 配点は 1 つの問題につき、30 点で合計 120 点満点とする。
3. 選択した問題につき、1 枚の解答用紙を使うこと。裏面を使ってもよい。
4. 解答欄の所定の欄に受験番号、選択した科目名、問題番号を記入すること。
5. 問題番号 8 を解答する場合は、専用の解答用紙を使用すること。

物理化学問題

問題番号 1. 熱力学関係式に関する以下の問 1, 問 2 に答えなさい。

問 1. 内部エネルギー U の全微分の式は,

$$dU = TdS - PdV$$

で与えられる。この時, 系の体積を一定に保ったまま, 系に微小な熱 ΔQ を加えると, 熱力学第一法則により

$$\Delta Q = \Delta U$$

となる。このことに基づき定積モル比熱 C_V が

$$C_V = \frac{1}{n} \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V$$

で表せることを示しなさい。なお, n は系のモル数とする。

問 2. 問 1 の結果は, 内部エネルギー U の全微分の式を用いて

$$C_V = \frac{T}{n} \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_V$$

と表せることを示しなさい。

ただし, エントロピー S は, 温度 T , 圧力 V を独立変数とする 2 変数関数であるとする。

物理化学問題

問題番号 2. 以下の文章の空欄にあてはまる適切な語句または式を解答用紙に記入し、 β -カロテンの吸収スペクトルを予測しなさい。

1次元の井戸型ポテンシャルに関する波動関数の解法は、化学物質が有する吸収スペクトルを予測する場合に有用である場合が多い。今、下に示す β -カロテンの吸収スペクトルの波長を計算で予測してみよう。下図のように、 β -カロテンは炭素（ア）個からなる共役系を持つ。また、一つのエネルギー準位に対する軌道には（イ）個の電子が入ることができる。一方、井戸の幅が a である井戸型ポテンシャルのエネルギー準位は、正の整数 n を用いて $E_n = \frac{h^2}{8m_e a^2} n^2$ と表せることから、 $n =$ （ウ）（HOMO）と $n =$ （エ）（LUMO）のエネルギー差が、 β -カロテンが吸収する光のエネルギーになると予測できる。ここで、共役系を構成する二重結合は直線状に並んでいるものと考え、一般的な二重結合の長さは $1.34 \text{ \AA}$ なので、その値を（オ）倍した長さ（カ） $\text{\AA}$ を井戸型ポテンシャルの井戸の幅 a と考えることができ、吸収される光の波長は、（キ） nm になると予測できる。なお、 $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ とし、有効数字 3 桁で計算しなさい。

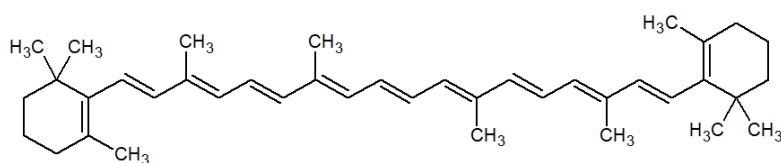


図. β -カロテンの分子構造

有機化学問題

問題番号 3. 以下の問 1, 問 2 に答えなさい。

問 1. 1,2-ジメチルシクロヘキサンについて, 以下の問いに答えなさい。

- (1) シス体のいす形配座のうち最も安定な構造を書き, 不斉炭素原子に*印をつけなさい。不斉炭素原子が無い場合は「無し」と記すこと。
- (2) トランス体のいす形配座のうち最も安定な構造を書き, 不斉炭素原子に*印をつけなさい。不斉炭素原子が無い場合は「無し」と記すこと。
- (3) (1) で書いた構造のニューマン投影式を書きなさい。
- (4) (2) で書いた構造のニューマン投影式を書きなさい。
- (5) シス体, トランス体のうち, キラルな化合物を選びなさい。キラルな化合物が無い場合は「無し」と記すこと。

問 2. 図に示したフェナントレンの分子構造において, 炭素-炭素結合の中で最も長いと予測される結合を記し, その理由を説明しなさい。

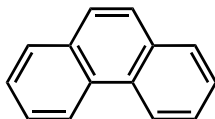


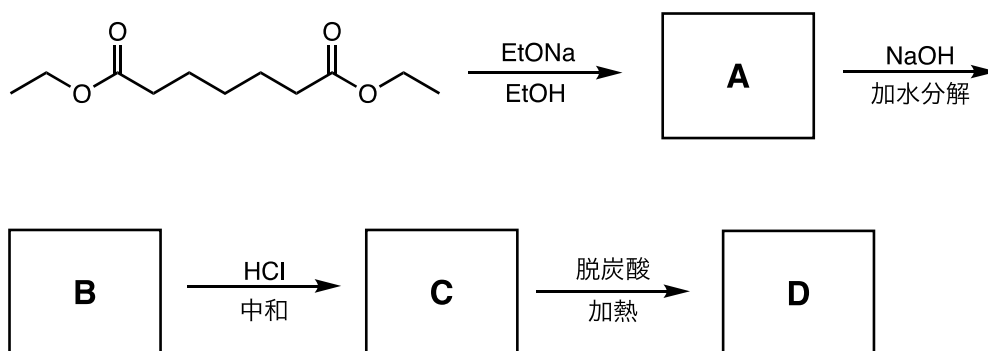
図. フェナントレンの分子構造

有機化学問題

問題番号 4. 以下の問 1, 問 2 に答えなさい。

問 1. 安息香酸とフェノールのうち、どちらがより強い酸であるかを予測し、その理由を説明しなさい。

問 2. 次の反応の **A** ~ **D** に当てはまる化合物の構造式を書きなさい。



無機化学問題

問題番号 5. 以下の文章を読み、問 1～問 4 に答えなさい。

ある結晶に波長 0.154 nm の (1)電磁波 を照射すると、 $2\theta = 30.0^\circ$ のところに (100) による回折ピークが現れた。このとき以下の設問に答えなさい。ただし、必要があれば以下の公式と数値を用いなさい。

$$\sin^2(\theta/2) = (1 - \cos \theta)/2, \quad \sqrt{2} = 1.41, \quad \sqrt{3} = 1.73$$

問 1. 下線(1)の電磁波の具体的な名称を答えなさい。

問 2. この結晶の (100) 面の面間隔 d_{100} を求めなさい。

問 3. この結晶の (110) 面による回折ピーク 2θ の半分の正弦値 $\sin(2\theta/2)$ を求めなさい。

問 4. 下図の立方格子(a)～(d) の網掛けで示された面をミラー指数で答えなさい。

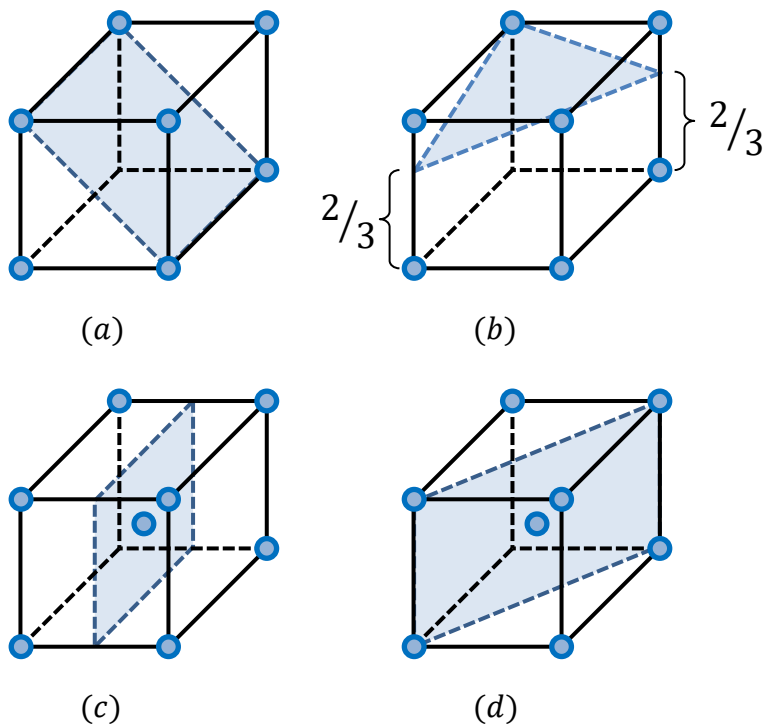


図. 立方格子における格子面

無機化学問題

問題番号 6. 以下の文章を読み、問 1、問 2 に答えなさい。

下図は銅 Cu に関する標準電極電位図である。

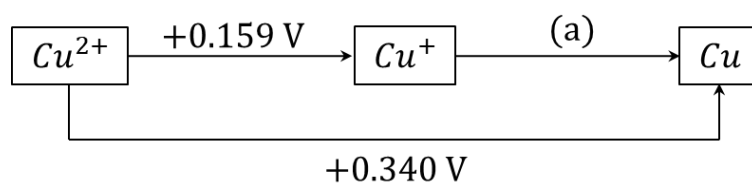


図. 銅 Cu に関する標準電極電位図

問 1. 図の様に、複数の酸化状態をもつ化学種の標準電極電位を表現する方法で、酸化数の大きい方から順番に左から右に並べ、矢印をつないだ図の名称を答えなさい。

問 2. 図の (a) の標準電極電位を求めなさい。

2025 年度 城西大学理学研究科物質科学専攻
第一次入試問題 専門科目 (2024 年 11 月 23 日)

生化学問題

問題番号 7. 以下の文章を読み、問 1～問 4 に答えなさい。

動物では、脂肪酸合成酵素がつくる主な飽和脂肪酸は 18 個の炭素をもつ (a) 酸である。(a) 酸の C9 と C10 に結合した水素原子が 2 個とれたものが (b) 酸である。植物には (b) 酸の C12 と C13 の間にさらにシス二重結合をつくる酵素があり、(c) 酸を生じる。動物にはこの酵素がないので、(c) 酸を必須脂肪酸として植物から摂取しなければならない。

細胞表面を覆う細胞膜は脂質二重層からなる。哺乳動物において、この膜の脂質は主に (d) と (e) からなるが、(d) は親水部と疎水部をもつ両親媒性分子であり、膜の内側と外側では親水基の種類が異なる。外側には主に (f) が分布し、内側には主に (g) が分布している。(e) は食物からも吸収されるが、肝臓などでアセチル CoA から合成される。

問 1. 文中の (a) ～ (g) に当てはまる語句を答えなさい。

問 2. (c) 酸の示性式を答えなさい。

問 3. 常温において、哺乳動物の脂質が固体であり、海産性動物や植物の脂質が液体である理由を説明しなさい。

問 4. 多くの生物において、脂肪酸の炭素数が偶数である理由を説明しなさい。

2025 年度 城西大学理学研究科物質科学専攻
第一次入試問題 専門科目 (2024 年 11 月 23 日)

生化学問題

問題番号 8. 以下の文章を読み、問 1、問 2 に答えなさい。

酵素は反応の平衡定数を変化させずに、(a) のみを変えるので、(b) の一種である。細胞内の糖代謝のスタートとして、グリコーゲンからグルコース 1 - リン酸を経てグルコース 6 - リン酸が生じる。グルコース 6 - リン酸は次に (c) という酵素の作用で、ケトース型の異性体である (d) となり、さらにホスホフルクトキナーゼ 1 の作用で (e) となる。ホスホフルクトキナーゼ 1 の活性は、ATP の作用で低下し、ADP の作用を受けて上昇する。つまり、細胞が ATP を必要としているときには酵素活性が上昇して解糖系に豊富な基質を提供し、細胞内に十分な ATP が存在しているときには酵素活性が低下して ATP が過剰につくられるのを防ぐ。このような仕組みを (f) という。

問 1. 文中の (a) ~ (f) に当てはまる語句を答えなさい。

問 2. 酵素反応の可逆的阻害には、拮抗阻害、非拮抗阻害および不拮抗阻害がある。これらは酵素の反応速度に与える影響の違いから、実験的に区別されたものである。それぞれについて、阻害剤を加えたときの基質濃度と反応速度の関係のグラフ、ラインウィーバー・バークプロットのグラフを描きなさい。ただし、各グラフには阻害剤を加えていない場合の曲線、直線が加えてある。