

専門分野Ⅰ

生体分子機能工学

「解答始め」の合図があるまでこの問題冊子を開いてはいけません。

注意事項

1. 本冊子は9ページからなり、2ページ目に下書き用紙、3～8ページ目に問題、9ページ目に下書き用紙がある。
2. 問題1～3の全問に解答せよ。
3. 解答は1題ごとに別々の答案用紙に記入せよ。答案用紙の最初の3行を空け、4行目から記入すること。解答が答案用紙の裏面におよぶ場合は、表面最下部に「裏面に続く」と記入し、裏面の上部（表面の上部と同じ側）より4分の1は使用しないこと。
4. 答案用紙には1枚ごとに問題の番号および受験番号を記入せよ。
5. 空欄を埋める形式の問題を解答する場合には、答案用紙に欄の記号または番号とそれぞれに対応する解答をともに記入せよ。

1. 有機化合物の性質と反応に関する以下の間に答えよ。

[1] 有機化合物の酸・塩基の性質に関する以下の間に答えよ。

(1) 次に示す化合物を塩基性が強い順に不等号（強いもの>弱いもの）で並べて示し、そうなる理由を3行程度で説明せよ。図や式を用いてもよい。

アニリン、アンモニア、メチルアミン

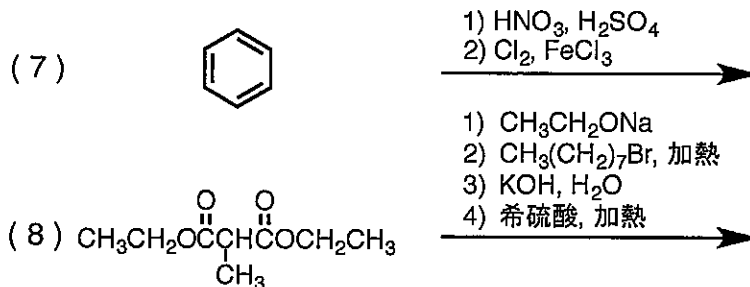
(2) 次に示す化合物を酸性が強い順に不等号（強いもの>弱いもの）で並べて示し、そうなる理由を3行程度で説明せよ。図や式を用いてもよい。

安息香酸、サリチル酸、*p*-ヒドロキシ安息香酸

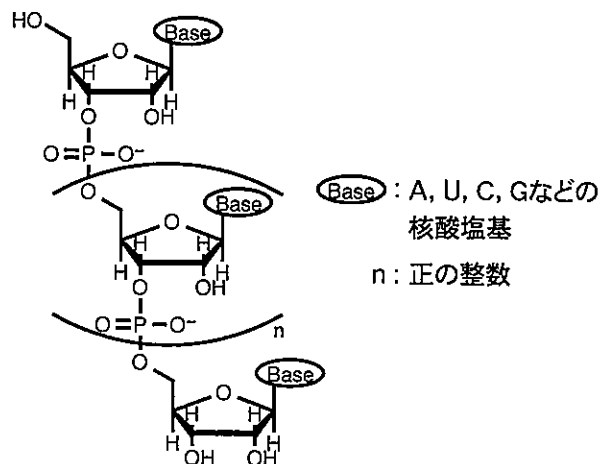
[2] 以下に示す(1)～(8)の反応について、予想される主生成物を示せ。ここでいう生成物とは後処理をして得られる化合物である。(2)、(3)、(6)については立体化学を明示せよ。



(問題1は次のページに続く)



[3] 右に示す RNA 分子を蛍光性アミン (R-NH₂: R は蛍光性置換基) で定量的にラベル化する際に、過ヨウ素酸酸化による方法がある。RNA 分子のどの部分がラベル化されるか、右図を用いて 3 行程度で説明せよ。ただし、RNA 分子の構造は解答に必要な一部分のみを示せばよい。



[4] 以下の Diels-Alder 反応に関する問に答えよ。

(1) 次の文章中の空欄(ア)~(オ)に当てはまる語句を、下記の語群より選択して記せ。ただし、使える語句は一度のみとする。

Diels-Alder 反応は π 電子系を有する化合物間の環化(ア)反応の一つであり、結合開裂が結合生成と同時に起こるため(イ)的に進行する。これらの化合物としては(ウ)と(エ)の組み合わせが多く、後者を前者に対して(オ)と呼ぶ。

語群

アミン、アルカン、アルケン、アルコール、E1、E2、S_N1、S_N2、求核試薬、求ジエン体、求電子試薬、協奏、競争、ジエン、脱離、置換、逐次、転位、付加

(2) Diels-Alder 反応の立体特異性について、具体的な例を示し 3~4 行で説明せよ。

(3) エンド則について、具体的な例を示し 3~4 行で説明せよ。

2. 次の問に答えよ。

[1] 次の(1)と(2)の問に答えよ。

(1) 次の文章中の(ア)～(ケ)に入る適当な数値、数式あるいは語句を記せ。

量子力学では、各オブザーバブルに対応する演算子は、位置と運動量の演算子から導かれる。 x 軸上の位置及び運動量の演算子 \hat{x} , \hat{p}_x は、

$$\hat{x} = x \quad \hat{p}_x = \frac{\hbar}{i} \frac{d}{dx}$$

である。これらより、 x 軸上を運動する質量 m の粒子の運動エネルギーの演算子は(ア)と書ける。また、この粒子が力の定数 k のバネに結ばれておりフックの法則にしたがって運動しているとすると、ポテンシャルエネルギーの演算子は(イ)となる。したがって、この系のハミルトニアンは、(ウ)である。(エ)方程式は、ハミルトニアンを演算子としたときの固有値方程式である。

x 軸上の全範囲でポテンシャルエネルギーがゼロのとき、この軸上を動く粒子の(エ)方程式の解の一つは $N \cos kx$ (N と k は定数)である。この波動関数は運動量の演算子に対する2つの固有関数(オ)、(カ)の重ね合わせとして、(キ)のように書き直せる。ここで、(オ)、(カ)はそれぞれ運動量の固有値、 $\hbar k$, $-\hbar k$ に対応する固有関数である。したがって、 $N \cos kx$ で表される状態に対し、運動量の測定を複数回行ったときの期待値は(キ)となる。

系が(オ)や(カ)の固有状態にあるときは、粒子の位置の不確定性 Δx は(ク)であるが、運動量の不確定さ Δp_x は(ケ)なので、不確定性原理に矛盾しない。

(2) 水素型原子について次の問に答えよ。

(i) 1sオービタルの波動関数は Ne^{-Zr/a_0} と表される。ここで、 N は規格化定数、 Z は核の電荷、 a_0 はボーア半径、 r は原子核からの距離である。 N を求めよ。必要ならば次の公式を使ってよい。

$$\int_0^{\infty} x^n e^{-ax} dx = \frac{n!}{a^{n+1}}$$

(問題2は次のページに続く)

(ii) 半径 r の球殻中のどこかに電子を見出す確率を与える関数を動径分布関数という。He⁺ の 1s オービタルの動径分布関数が極大値をとるときの r を求めよ。

[2] 以下の文章の下線部について正誤を答えよ。誤っていれば正しく直せ。

(1) 定圧モル熱容量 $C_{p,m}$ の単位は J/K である。

(2) 定圧熱容量 C_p と絶対温度の逆数 ($1/T$) の積は状態量である。

(3) 物質質量 n 、体積 V 、温度 T における気体の内部エネルギーを $U(n, V, T)$ とする。体積と温度をそれぞれ $V+dV$ 、 $T+dT$ に微小変化させたとき、内部エネルギー変化 dU は下式で表わされる。

$$dU = \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_{T,n} dV + \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_{V,n} dT$$

このとき、単原子完全気体では第 2 項は RT である。

(4) 混合物のギブスエネルギー、圧力、体積をそれぞれ G 、 p 、 V とし、混合物中の J 番目の成分の物質質量を n_j 、それ以外の成分の物質質量を n' と総称

するとき、 J 番目の成分の化学ポテンシャル μ_j を $\left(\frac{\partial G}{\partial n_j} \right)_{p,V,n'}$ と表わすこ

とができる。

3. 以下の問に答えよ。

[1] 次の文章を読み、問(1)～(4)に答えよ。

原核生物は、(ア)を持たない単細胞生物の総称で、(イ)酵素や(ウ)とゲノムが(ア)で隔てられていないため、(イ)と(エ)が同時に進行する。原核生物のひとつである大腸菌は、アンモニアと(オ)から必要とする糖、脂質、核酸、アミノ酸を合成することができる。その遺伝子発現制御は合理的で、(a) 関係する複数の遺伝子の発現が、一斉に誘導されたり、抑制されたりする。例えば、(オ)を得るために必要な3種類の酵素は、(オ)が培地中にあれば抑制され、培地中に(オ)が存在せずラクトースしか無いときには一斉に発現する。それは、関連する(b) 複数の遺伝子情報が1本のmRNAに(イ)され、そのRNA上の複数の(エ)領域にタンパク質-RNA複合体である(ウ)が結合し、タンパク質が合成されるためである。

- (1) 文章中の(ア)～(オ)に入る最も適切な語句を記せ。
- (2) 下線(a)のようなゲノム上に存在する遺伝子発現単位の名称を記せ。
- (3) 下線(b)のようなmRNAの名称を記せ。
- (4) 以下の(A)～(J)の記述のうち、原核生物のみに該当するものに①、真核生物のみに該当するものに②、両方に該当するものに③、どちらにも該当しないものに④を記せ。
 - (A) 二分裂で増殖できる
 - (B) ゲノムの複製と染色体の分配が同時に進行する
 - (C) ウイルスの宿主となりうる
 - (D) DNA複製にRNA配列を必要とする
 - (E) mRNAにキャップ構造がある
 - (F) 細胞壁によって細胞の形を維持している
 - (G) 環状のゲノムがある
 - (H) 有糸分裂する
 - (I) 一倍体で存在しうる
 - (J) 酸素が無いと、糖を代謝してエネルギーを産生できない

(問題3は次のページに続く)

[2] 次の文章を読み、問（1）～（6）に答えよ。

生体を構成する分子の中で、最も多いものは（ア）である。（ア）は、生体分子と相互作用して、それらの構造や機能を維持している。また、生体を構成する基本的な要素は、核酸、タンパク質、多糖類、（イ）であり、いずれも、複数の構成単位間で（ア）が取れて共有結合する（ウ）によって作られている。タンパク質は、(a) （エ）が（ウ）して連なったもので、中性（イ）は、グリセロールと（オ）が（ウ）したものである。

核酸には（カ）と（キ）があり、ある種のウイルスを除いて、遺伝情報の本体のほとんどは（カ）である。ゲノム（カ）は、核酸塩基間の（ク）結合を介した（ケ）構造をとっている。

タンパク質では、（エ）残基間で（ク）結合を作ることができ、部分的に（コ）と（サ）などの(b) 規則的な繰り返し構造を形成しうる。

（コ）は、共通骨格構造部分が3.6残基ごとに一回転する繰り返し構造をしている。さらに、タンパク質分子全体として(c) 立体的な構造をとり、(d) その複数個が非共有結合によって集合体を作る場合もある。

- (1) 文章中の（ア）～（サ）に入る最も適切な語句を記せ。
- (2) 下線（a）で、（ウ）の結果形成される結合の名称を記せ。
- (3) 下線（b）、（c）、（d）に対応する階層構造の名称をそれぞれ記せ。
- (4) 下線（b）に示した階層構造において、（ア）がタンパク質の周囲にある時に、（ア）がこの構造を安定化させる理由を1行程度で記せ。
- (5) 下線（c）に示した階層構造に関与する（エ）残基間の共有結合について、（エ）の具体例をあげて1行程度で記せ。
- (6) 下線（d）に示した階層構造をとっているタンパク質の名称を一つ記せ。