

生物工学 I

次の[I - 1]~[I - 3]の3題を、それぞれ別の答案用紙に答えよ。

[I - 1] (生物)

(問1) 下の文章の()の中に適当な語句を入れよ。

タンパク質の構造には、4つの階層がある。アミノ酸配列様式のことを(ア)といい、ペプチド鎖が規則的に繰り返される立体構造を2次構造とよび、その代表的なものは(イ)と(ウ)である。(エ)とは、ポリペプチド鎖の形成する全体的な構造である。複数のポリペプチド鎖が1個の分子を形成するときに、個々のポリペプチド鎖サブユニットの空間配置を(オ)とよぶ。

(問2) 脊椎動物の免疫系では、胸腺・リンパ節などのリンパ系器官や白血球、血しょう中にある様々な物質が働いている。その中でも、中心的な働きをする細胞は、白血球の一種である(ア)である。(ア)の基になる細胞は骨髄でつくられるが、その一部は骨髄で成熟してから、血液や末梢のリンパ節・脾臓などに入る。このような(ア)は(イ)とよばれ、抗体を生成する。一方、(ア)の基になる細胞が、骨髄から未成熟のまま出て、いったん胸腺に入り、そこで成熟・分化したものは(ウ)とよばれる。免疫系の働きにより、体内に侵入した異物は、(エ)として認識され、その(エ)と特異的に反応する抗体が生成される。(エ)と抗体の反応を(オ)反応といい、体液中の抗体による免疫を(カ)という。抗体は(キ)というY字型をしたタンパク質分子である。抗体は(ク)本のポリペプチド鎖からなり、その半分は比較的小さく(ケ)とよばれ、残りはそれより大きく(コ)とよばれる。Y字型に開いた側の先端部は、アミノ酸配列が変化に富んでおり、各抗体で立体構造が異なっている。この部分は可変部とよばれる。一方、(エ)の表面には、それぞれの(エ)に特有な立体構造があり、抗体の可変部の立体構造と合致することで、(オ)反応がおこる。

(a) 上の文章の()の中に適当な語句や数字を入れよ。

(b) 外界には(エ)となる異物が極めて多く存在する。(エ)に特異的に結合する多様な抗体はどのようにして作られるかを述べよ。

(問3) 原核生物の転写に関する下の問に答えよ。

(a) RNAポリメラーゼが転写を開始するために結合するDNA上の特異的な位置を何とよぶか答えよ。

(b) 構造遺伝子について説明せよ。

(c) 遺伝子の発現を抑制する調節タンパク質を何とよぶか答えよ。

(d) (c)の調節タンパク質が結合するDNA上の特異的位置の名称を答えよ。

(e) オペロンについて説明せよ。

(次のページに続く)

(問 4) 能動輸送に関する下の問に答えよ。ただし、温度を 37°C 、気体定数 $R = 8.31 \text{ J/K/mol}$ 、ATP の加水分解の自由エネルギーを 32.2 kJ/mol として計算せよ。

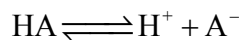
(a) 胃液の pH はおよそ 1 であり、胃液を分泌している細胞内の pH はおよそ 7 である。その細胞の内外の pH を各々 7 と 1 として、 1 mol の水素イオンを細胞内から胃の中に運搬するために必要なエネルギーを概算したい。水素イオンを $\text{pH}=7$ から $\text{pH}=1$ の状態に変化させるときの自由エネルギー変化を求めよ。ただし、以下では、簡単にするために自由エネルギー変化は濃度のみの関数であるとしてよい。必要なら $\ln 10 = 2.3026$ を用いよ。

(b) 血清中の塩素イオンの濃度は 0.10 M であるが、尿中では 0.16 M である。腎臓中で血清から尿に塩素イオンを運搬するときに必要なエネルギーを概算したい。(a)と同様にして、塩素イオンの濃度を 0.10 M から 0.16 M の状態に変化させるときの自由エネルギー変化を求めよ。また、このとき、 1 mol の ATP でどのくらいの塩素イオンが運搬されるかを求めよ。ただし、ATP の加水分解のエネルギーは全て状態変化に利用されたものとする。必要なら $\ln 2 = 0.6931$ を用いよ。

(問 5) 下の問に答えよ。

(a) 酢酸(CH_3COOH)と酢酸イオン(CH_3COO^-)やリン酸二水素イオン(H_2PO_4^-)とリン酸水素イオン(HPO_4^{2-})のような組み合わせの混合溶液は、ある濃度では酸や塩基を加えても pH が大きく変化しないという性質がある。このような作用をもつ水溶液を何とよぶか答えよ。

(b) 弱酸水溶液の解離平衡式は、一般に、



と書ける。弱酸水溶液の pH と HA , および、 A^- の濃度の関係を表す式を pH と K_a を用いて上の解離平衡式から導け。ただし、 $\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$ とし、解離定数を $K_a = [\text{H}^+][\text{A}^-]/[\text{HA}]$ とする。

(c) 0.1 M 酢酸水溶液の pH を求めよ。また、酢酸の何%が解離したかを求めよ。ただし、酢酸の $\text{p}K_a = -\log_{10}K_a = 4.70$ とする。必要なら、 $\log_{10}(1.4) = 0.146$ 、 $10^{-4.7} = 2.00 \times 10^{-5}$ 、 $10^{-2.85} = 1.41 \times 10^{-3}$ を用いよ。

(問 6) 下の問に答えよ。

(a) 一般的な細胞の細胞膜構造について簡単に説明せよ。

(b) 細胞膜の流動モザイクモデルについて説明せよ。

(c) 通常、細胞膜に存在する膜タンパク質が無秩序な運動をしない理由を述べよ。

[I - 2] (物理)

室温 27°C の室内に、内部が -13°C に保たれている冷凍庫がある。室温中に置かれている希薄な水溶液状態の試料 18.0g (水 1mol に相当するとして良い) を冷凍庫に入れて凍結させるプロセスを考える。試料は、熱力学的には純水と同じ挙動をすると見なせる。ここで氷の融解熱 (ΔH_{melt}) は 273 K において 6.01 kJ/mol 、気体定数 (R) は 8.31 J/K/mol 、水および氷の定圧比熱 (C_{pw} , C_{pi}) はそれぞれ 75.2 J/K/mol および 36.6 J/K/mol とする。熱量の移動と仕事の関係は、図 1 を参照して良い。

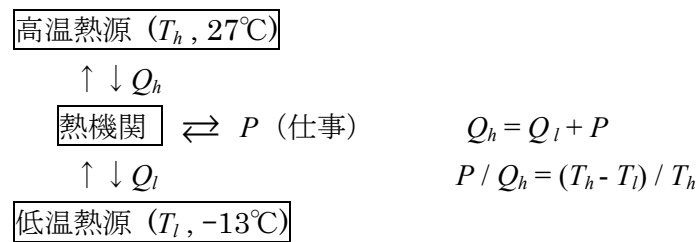


図 1 可逆的カルノーサイクルの機能

以下の問に計算式と理由を付して答えよ。

- (問 1) 試料が冷凍庫内に置かれてから 0°C で凍結し、 -13°C の凍結状態に至るまでに放出する熱量 (Q_{sample}) はいくらか。
- (問 2) 問 1 で算出した熱量 (Q_{sample}) を冷凍庫外に運ぶための消費電力を求めよ。ただし、冷凍庫内、容器、試料内および試料から冷凍庫内の熱移動は瞬時に行われるものと考えて良い。冷凍庫の機能はカルノーサイクルに従い、仕事 (P) として冷凍庫内の熱を運び出すものである。冷凍庫の熱容量は試料の熱容量に比べて十分に大きいとする。
- (問 3) 冷凍庫内の温度は常に -13°C に保たれているものとする。試料の状態変化について、以下の問に答えよ。
- (a) 試料のエントロピー変化を求めよ。
- (b) この試料が凍結する変化は可逆か不可逆か、系全体のエントロピー変化を指標に考えよ。結論と判断の理由を答えよ。
- (対数の値として以下を用いよ : $\ln 300=5.70$, $\ln 273=5.61$, $\ln 260=5.56$)

[I - 3] (情報・システム)

以下の問に答えよ。

(問 1) 図 1 のような電流-電圧 (I - V) 特性を有するダイオードがある。周期が T_0 である信号

$$x(t) = \cos \frac{2\pi}{T_0} t \text{ を入力すると整流信号 } y(t) = |x(t)| = \left| \cos \frac{2\pi}{T_0} t \right| \text{ が出力として得られる入出力}$$

システムを、このダイオードを用いて構成せよ。なお、 t は時間で、 $0 < T_0 < \infty$ とする。

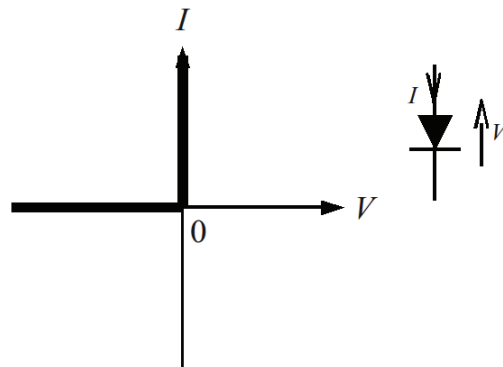


図 1 I - V 特性

(問 2) $y(t)$ をフーリエ級数展開せよ。

(問 3) コンデンサ C と抵抗 R を用いて、図 2 に示す回路を構成した。この回路の伝達関数を求めよ。

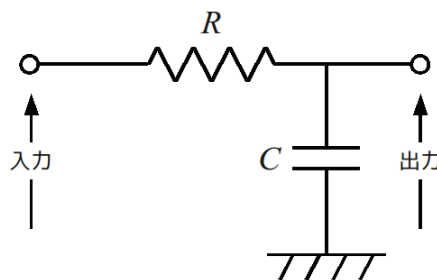


図 2 CR 回路

(問 4) $y(t)$ を図 2 に示す回路に入力した場合の定常出力 $z(t)$ を計算せよ。

(問 5) $CR \gg T_0$ の関係がある時、 $z(t)$ はどうなるかを答えよ。