

生物工学 I

次の[I - 1]～[I - 3]の3題を、それぞれ別の解答用紙に答えよ。

[I - 1] (生物)

- (問 1) 地球に存在する約 100 種類の元素の中で、生物に見出される元素は 20 種程度である。細胞を構成する主要な 4 元素を挙げよ。また、生物を構成する水以外の主要な分子の総称を 4 つ挙げよ。
- (問 2) 核酸はヌクレオチドがどのような結合をして重合体を形成したものを答えよ。また、核酸の構成成分以外に、リボヌクレオチドはどのような生体内分子として利用されているか。例を 1 つ挙げよ。
- (問 3) アルカリ性条件下で、容易に鎖切断されるのは、RNA と DNA のいずれか。その理由も述べよ。
- (問 4) DNA の融点とは何かを述べよ。また、DNA の融点を利用した DNA の増幅法について説明せよ。
- (問 5) 一般的に、遺伝子組み換え実験に用いられる DNA を切断する酵素と、切断した DNA 断片を連結する酵素の名称をそれぞれ答えよ。
- (問 6) プラスミドを大腸菌に導入する方法を 1 つ挙げ、その内容を説明せよ。
- (問 7) あるタンパク質の分子量は 30,000 である。1 個のアミノ酸残基の平均分子量を 100 とすると、このタンパク質の構造遺伝子は最低何個のヌクレオチド対できているかを答えよ。
- (問 8) 細胞内外の物質輸送には、どのような様式があるか。3 つの様式を挙げて、その内容を説明せよ。
- (問 9) 一般に、生体内臓器の細胞内外のイオン濃度は異なっている。通常の神経細胞では、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Cl^- のイオン濃度はそれぞれ細胞膜の内側と外側ではどちらが高いかを答えよ。
- (問 10) 細胞膜内外のあるイオン x の濃度勾配による駆動力と電位勾配による駆動力が均衡している場合の膜電位を何とよぶか答えよ。温度 25 °C におけるイオン x の細胞内外の濃度を $[x]_{\text{in}}$ 、 $[x]_{\text{out}}$ 、電荷を Z とすると、細胞外を基準点として、その電位差 E (mV) は次式で与えられる。

$$E = \frac{58}{Z} \log_{10} \frac{[x]_{\text{out}}}{[x]_{\text{in}}}$$

あるグリア細胞では、 K^+ イオンのみが細胞膜を通過でき、他のイオンは通過できない。この細胞の静止膜電位はいくらかを答えよ。ただし、このグリア細胞は、 $[\text{K}^+]_{\text{in}}=160 \text{ mM}$ 、 $[\text{K}^+]_{\text{out}}=4 \text{ mM}$ であるとする。必要であれば、 $\log_{10}2=0.301$ を用いよ。

[I - 2] (物理)

原子 1 および原子 2 から構成される 2 原子分子を考える. それぞれの質量を m_1 および m_2 , 位置を x_1 および x_2 とする. また, 2 つの原子間に働く力 F は, 2 原子の中心間を結ぶ直線上にあるとして, 以下の問に答えよ.

- (問 1) 各原子の運動方程式を書き下せ.
- (問 2) 2 原子分子の重心 x_G はどのような運動をするか述べてよ.
- (問 3) x_G を原点とする座標系における各原子の運動方程式を考えることにより, 2 原子分子の相対位置 $r \equiv x_1 - x_2$ に関する運動方程式を, 換算質量 $\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$ を用いて表せ.
- (問 4) 問 3 で求めた相対運動に関する運動方程式に基づき, 換算質量 μ をもつ単体の回転の運動方程式を導け. またこの相対運動系の角運動量の時間変化の様子を述べよ.

これ以降, 原子間力のポテンシャルエネルギーが $U(r) = \frac{k}{2} \|r - r_0\|^2$ で表される場合を考える. ここで, r_0 は定数ベクトルである.

- (問 5) 原子間力 F を求めよ.
- (問 6) 問 3 で導いた 2 原子分子の相対運動に関する運動方程式を解け. 必要なら適当な初期条件を設定せよ.

以下では, 2 原子分子として塩化水素(HCl)を考える.

- (問 7) HCl の振動スペクトル測定によると, その振動数は $\omega = 5.43 \times 10^{14}$ rad/s であった. HCl の k の値を求めよ. なお, 1 原子質量単位は 1.66057×10^{-27} kg とする.

[I - 3] (情報・システム)

図 1 に周期が T である矩形波信号 $x(t)$, 図 2 に抵抗 R とコンデンサ C から構成される回路 H を示す. なお, t は時間である. 以下の問に答えよ.

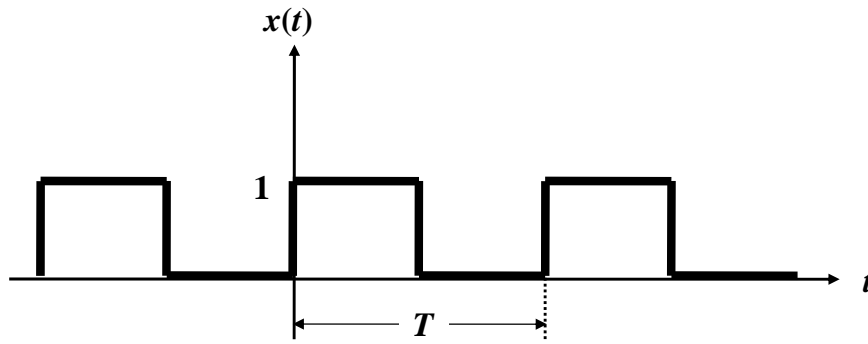
(問 1) 信号 $x(t)$ を, フーリエ級数展開せよ.

(問 2) 回路 H に振幅 A , 角周波数 ω である信号 $A\cos(\omega t)$ を入力した場合の, 定常応答出力 $B\cos(\omega t + \phi)$ を考える. 入力と出力の振幅比の絶対値 $|B/A|$ と位相差 ϕ を求めよ.

(問 3) 問 2 で求めた振幅比の絶対値と位相差の周波数特性 (ボード線図) を図示せよ.

(問 4) 回路 H に信号 $x(t)$ を入力したとき, 出力 $y(t)$ を級数表示せよ.

(問 5) 周期 $T = 1 \text{ ms}$, 抵抗 $R = 100 \text{ k}\Omega$, コンデンサ $C = 100 \mu\text{F}$ とした場合, $y(t)$ のおおよその波形を図示せよ.



$$x(t) = \begin{cases} 1 & nT < t < \left(n + \frac{1}{2}\right)T \\ 0 & \left(n + \frac{1}{2}\right)T < t < (n+1)T \end{cases} \quad n: \text{整数}$$

図 1 信号 $x(t)$

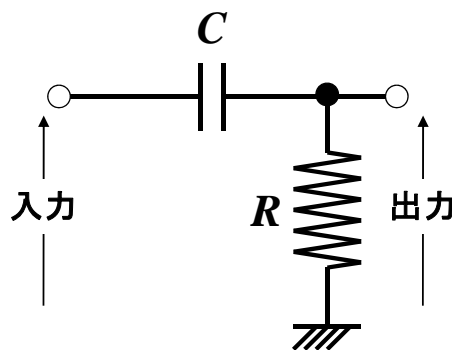


図 2 回路 H