

7枚のうち1

受験番号 MC-

1

一様な物質（誘電率 ϵ , 透磁率 μ ）中において、電荷密度 ρ , 電流密度 \mathbf{j} , 電場 \mathbf{E} , および磁束密度 \mathbf{B} に対して、以下の Maxwell 方程式が成り立つ。

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon}, \quad \nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}, \quad \nabla \cdot \mathbf{B} = 0, \quad \frac{1}{\mu} \nabla \times \mathbf{B} = \mathbf{j} + \epsilon \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$$

ここで、電場に時間変化がなく、磁場が存在しない場合（静電気の場合）を考える。

〔1〕静電気の場合に用いられる、電場に関する2つの Maxwell 方程式を示せ。

〔2〕静電気では、スカラー関数 ϕ を用いて電場を $\mathbf{E} = -\nabla\phi$ と表すことができる。電場がスカラー関数の勾配で表される理由を前問〔1〕の電場に関する Maxwell 方程式を用いて説明せよ。

〔3〕スカラー関数 ϕ は静電ポテンシャルとよばれ、静電ポテンシャルには基準点の選び方に任意性がある。その理由を述べよ。

〔4〕Maxwell 方程式から Poisson 方程式 $\nabla^2\phi = -\frac{\rho}{\epsilon}$ を導け。

〔5〕十分に大きく、一様な誘電体（誘電率 ϵ ）において、厚さ w の2枚の平板領域が一様な電荷密度 $\pm\rho_0$ をもつとする。その電荷密度を有する平板領域は、距離 $2d$ の間隔をもって平行に置かれている。平板領域の面に垂直な方向を x 軸にとり、二つの平板領域の中間点を原点 0 とする。図1-1は、電荷密度の分布を示す。静電ポテンシャルは x 方向のみに依存し、静電ポテンシャルを $\phi(x)$, 電場の x 成分を $E(x)$ と表す。まず、 $x \leq 0$ の場合についての3領域に分けて考える。

7枚のうち2

受験番号

MC-

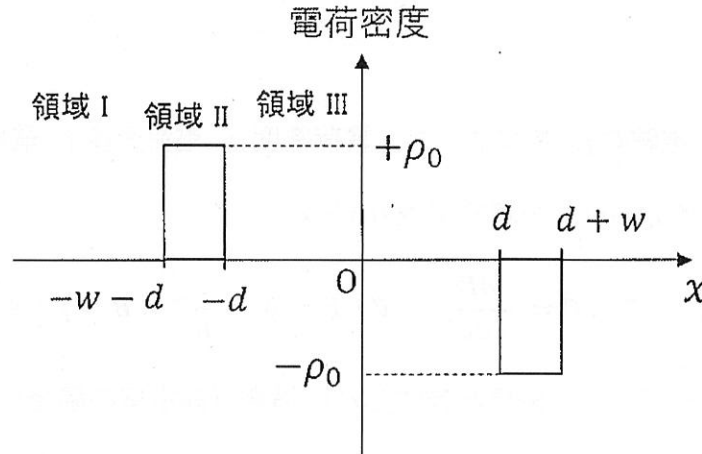


図 1 - 1

領域 I: $x \leq -w - d$

領域 II (平板領域): $-w - d \leq x \leq -d$

領域 III: $-d \leq x \leq 0$

領域 I, II, III における静電ポテンシャルをそれぞれ $\phi_1(x)$, $\phi_2(x)$, $\phi_3(x)$ とし, 以下の問いに答えよ。

(5-1) 領域 I, II, III における Poisson 方程式をそれぞれ答えよ。

(5-2) $\phi_1(x)$ に用いる積分定数を C_0, C_1 とし, $\phi_2(x)$ に用いる積分定数を C_2, C_3 とし, $\phi_3(x)$ に用いる積分定数を C_4, C_5 とする。領域 I, II, III における静電ポテンシャルを上記 6 個の積分定数を用いて答えよ。

(5-3) 静電ポテンシャルは各領域の境界面で連続的に接続されることが要請される。その理由を答えよ。

(5-4) $x = 0$ を静電ポテンシャルの基準点 ($\phi_3(0) = 0$) に取り, $\phi_1(x)$, $\phi_2(x)$, $\phi_3(x)$ をそれぞれ x の関数として表せ。ここで, 電場は境界面で連続的に接続され, $x \rightarrow -\infty$ にて

整理番号

2023年度10月・2024年度4月入学 東京農工大学工学府博士前期課程

3

問題用紙

専門科目

生体医用システム工学専攻

7枚のうち3

受験番号 MC-

$\phi_1(x)$ は有限の値を取るとする。解答は $\rho_0, w, d, \varepsilon, x$ の中から適切な文字を用いて答えよ。

(5-5) $x > 0$ の領域も含めて、 $\phi(x)$ と $E(x)$ の概形を解答欄のグラフにそれぞれ図示せよ。

(5-6) 電荷密度の大きさ ρ_0 の値を増加させると、領域 I, II, III において電場の大きさと電場の勾配がどのように変化するかをそれぞれ説明せよ。

7枚のうち4

受験番号 MC-

2

質量を無視できる長さ l の伸縮しない糸の一端に、質量 m で大きさを無視できるおもりを取り付けた振り子について考える。ただし、水平左向きを x 軸の正方向に、鉛直下向きを y 軸の正方向にとり、時刻 t において振り子が y 軸となす角を $\theta(t)$ 、時計回りを θ の正の向きとする。振り子の他端は、 xy 平面内で振動運動できるように、 xy 座標の原点 O に固定されている。空気抵抗は考えないものとし、重力加速度の大きさを g とする。

〔1〕振り子が原点 O を中心として xy 平面内で振動している場合を考える (図2-1)。

(1-1) 最下点 ($\theta=0$) からおもりの軌道に沿ってとった時刻 t におけるおもりまでの変位を $s(t)$ とすると、おもりの速さは $V(t) = ds/dt$ と表せる。これを利用して、

$$V(t) = l \frac{d\theta}{dt}$$

の関係を導出せよ。導出過程も示すこと。ただし、 y 軸から時計回りにとった変位を正とする。

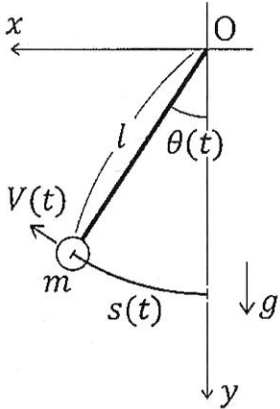


図2-1

(1-2) おもりの接線方向の運動方程式を、 g, l, m, t, θ を用いて表せ。

(1-3) 問い(1-2)の運動方程式から、角度 θ が十分小さい場合の振り子の振動の周期 P を求めよ。導出過程も示すこと。ただし、 $\sin \theta \approx \theta$ と近似してよい。

(1-4) 振り子の運動を特徴づける以下の因子を、角度 θ が十分小さい場合の振り子の振動の周期に影響するものとし、しないものとに分けよ。

振り子の長さ、振動の振幅、おもりの質量、重力加速度の大きさ

| |
|------|
| 整理番号 |
| 3 |

問題用紙 専門科目

生体医用システム工学専攻

7枚のうち5

受験番号 MC-

〔2〕 問い〔1〕の振り子を、 x 軸の負の向きに等加速度直線運動する列車の天井から吊り下げた場合を考える。はじめに、図2-2のように、振り子が y 軸と角度 θ_0 をなして静止していた。ただし、列車の加速度の大きさを $a (> 0)$ とし、 x 軸と y 軸は列車内に固定する。以下の設問では、振り子を列車の中から観察した場合について答えよ。

- (2-1) 振り子が静止している場合の糸の張力 T を、 a 、 g 、 m を用いて表せ。
- (2-2) $\sin \theta_0$ と $\cos \theta_0$ を、それぞれ a 、 g を用いて表せ。
- (2-3) つぎに、糸をたるませることなくおもりを持ち上げ、静かに離れた。振り子の接線方向の運動方程式を、 a 、 g 、 l 、 m 、 t 、 θ を用いて表せ。
- (2-4) $\theta'(t) = \theta(t) - \theta_0$ として、問い(2-3)の運動方程式を角度 θ' に関する運動方程式に書き換え、 a 、 g 、 l 、 m 、 t 、 θ' を用いて表せ。必要に応じて、以下の関係式を用いてよい。

$$\sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta$$

- (2-5) 問い(2-4)の運動方程式から、角度 θ' が十分小さいときの振り子の振動の周期 P' を求めよ。ただし、 $\sin \theta' \approx \theta'$ と近似してよい。

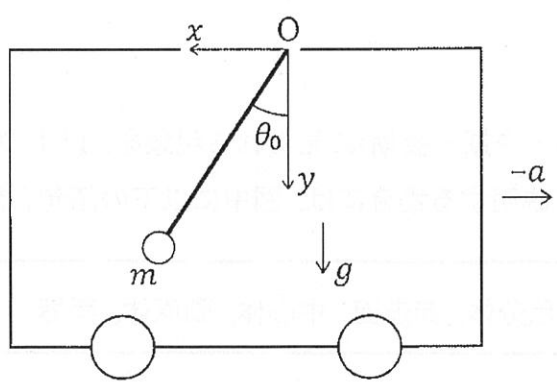


図2-2

整理番号

2023 年度 10 月・2024 年度 4 月入学 東京農工大学工学府博士前期課程

3

問題用紙

専門科目

生体医用システム工学専攻

7 枚のうち 6

受験番号 MC-

3

〔1〕 次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。

細胞が分裂する際、まず、DNA の複製が起き、その後の細胞分裂で (A) に等分に分配される。この過程のことを細胞周期という。細胞周期は、DNA が合成される (B)、細胞分裂が起こる (C)、およびその間の期間の (D)、(E) で構成されている。体細胞からなる組織では、細胞増殖の調整^(a) がなされており、(D) の途中で反応を停止する細胞もある。この停止期間は、(F) と呼ばれる。

多細胞生物は、細胞分裂によって細胞の数を増やし、細胞死によって細胞の数を減らしている。細胞死には、アポトーシスとネクローシス^(b) の 2 種類あることが知られている。

(1-1) (A) ~ (F) に入る最も適切な語句を以下の中から選んで答えよ。

G₀ 期, G₁ 期, G₂ 期, D 期, S 期, M 期, L 期, 娘細胞, 母細胞, 精細胞

(1-2) 下線部(a)について、以下の文章の (G) ~ (I) に入る適切な語句を答えよ。

細胞増殖には、(G) という酵素群と (H) というタンパク質群が関与している。(H) 濃度の周期的な変化により (I) が形成され、この (I) のさらなる活性化により、最終的に、DNA 合成に必要な遺伝子の転写因子や DNA ポリメラーゼの活性化が促進される。

(1-3) 分裂期(前期・中期・後期)に見られる現象を、以下の全ての語句を適切に用いて説明せよ。図を用いて説明する場合には、図中に以下の語句を記載すること。

紡錘糸, 染色分体, 赤道面, 中心体, 動原体, 両極

(1-4) 下線部(b)について、細胞死に至るまでの過程をそれぞれ説明せよ。

| |
|------|
| 整理番号 |
|------|

2023 年度 10 月・2024 年度 4 月入学 東京農工大学工学府博士前期課程

| |
|---|
| 3 |
|---|

問題用紙

専門科目

生体医用システム工学専攻

| |
|----------|
| 7 枚のうち 7 |
|----------|

| | |
|------|-----|
| 受験番号 | MC- |
|------|-----|

〔2〕 次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。

生体防御システムの免疫系は、自然免疫と獲得免疫(a)の2つの異なるシステムで構成されている。自然免疫では、免疫細胞であるマクロファージや好中球、樹状細胞などの（ A ）が、異物を自分の内部に取り込んで排除する。この仕組みを（ B ）という。樹状細胞や一部のマクロファージでは、自ら排除するのではなく、（ C ）によって異物の存在を知らせて生体内から排除する。獲得免疫には、細胞性免疫と（ D ）がある。細胞性免疫では、（ E ）により活性化された（ F ）が感染細胞を殺し、（ D ）では、（ E ）により活性化された（ G ）が、分化・増殖し、抗体を産生する。

（2—1） 上記文章の（ A ）～（ G ）に入る最も適切な語句を答えよ。

（2—2） 下線部(a)には、一度感染した異物の情報を記憶する仕組みがある。過去に一度感染したことがある抗原に再び感染した際の抗体の濃度変化のグラフを、解答用紙の図中の1回目に感染した際の血液中の抗体濃度と日数の関係(点線)に追記する形で記入せよ。傾向を重視し、詳細な数値は問わない。

（2—3） 下線部(a)が、過去に感染した異物情報を記憶できる理由を説明せよ。

（2—4） 抗体の主な働きには、中和作用、オプソニン化、補体依存性細胞傷害活性、抗体依存性細胞傷害活性がある。この4つの働きのうち3つを選択し、それぞれ説明せよ。解答欄に選択した働きの名称も記すこと。