

大学院情報理工学研究科
博士前期課程一般入試 入学試験問題
(2023年8月17日実施)

【基盤理工学専攻】

専門科目

※注意事項

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開いてはいけない。
2. 問題冊子はこの注意事項を含めて24枚、解答用紙は4枚である。
3. 試験開始の合図の後、全ての解答用紙に受験番号を記入すること。
4. 選択科目記入シートに受験番号を記入すること。
5. 試験時間は180分である。
6. 科目は、選択群Ⅰの5科目（1「電気・電子回路」、2「光波動工学」、3「量子力学／統計力学」、4「無機・有機化学」、5「分子生物学／生物化学」）と選択群Ⅱの6科目（6「基礎数学」、7「力学」、8「電磁気学」、9「光・電子デバイス基礎」、10「物理化学」、11「細胞・神経生物学」）、合計11科目で構成されている。
●全11科目のうちから4科目を選択して解答すること。ただし、選択群Ⅰから1科目以上を含めること。
7. 選択科目記入シートには、選択した4科目に○印を記入すること。
8. 選択科目記入シートは、試験終了後に必ず提出すること。
9. 解答用紙の問題の番号欄には、解答した問題の番号を記入すること。
(採点は記入された番号についてのみ行う。誤記入、記入もれに注意すること。)
10. 解答は、問題ごとに別々の解答用紙（各問題ごとに1枚）を使用すること。
必要なら裏面を使用してもよいが、その場合は表面下に「裏面へ続く」と記入すること。
11. 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせること。
12. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰ること。
13. 解答は英語でもよい。

問題は次のページからです。

このページは問題冊子の枚数には
含みません。

問題

基盤理工学専攻

科目の番号

1

電気・電子回路

(1) 図1のように、出力電圧が V の直流電圧源にスイッチ S 、抵抗 $R_1 \dots R_5$ 、 R_x の6つの抵抗素子で接続されているブリッジ回路がある。始めにスイッチ S は開放状態にする。

- (a) 点 a と点 b の電圧 V_a, V_b を求めよ。
- (b) テブナンの定理を用いて、 a, b から見た電源側の抵抗値 R_0 を求めよ。
- (c) テブナンの定理を用いて、等価回路における a, b 間の電圧 V_{ab} を求めよ。
- (d) 図1において、スイッチ S が閉じている場合の抵抗素子 R_x に流れる電流 I_x を求めよ。

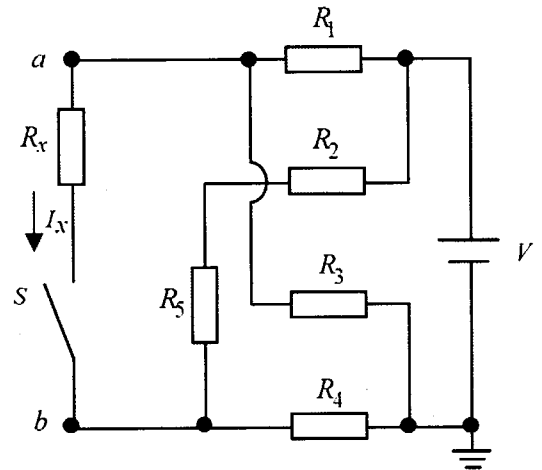


図1

(2) 図2は、出力複素電圧が V で、角周波数 ω の交流電源、容量 C のコンデンサとインダクタンス L のコイルとコイルの内部抵抗 r からなる共振回路であり、図3はその等価回路である。図2のように、このコイルと内部抵抗の直列回路は、内部抵抗 r が、誘導性リアクタンス ωL に比べて十分小さいものとする、図3のように、等価抵抗 R_p とインダクタンス L の並列回路に変換することができる。

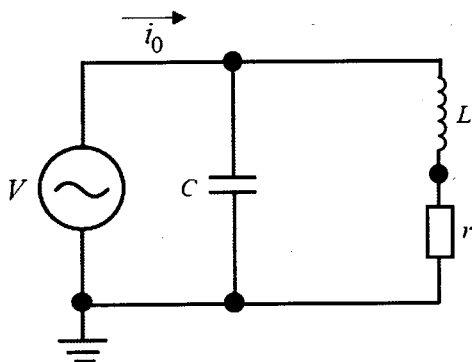


図2

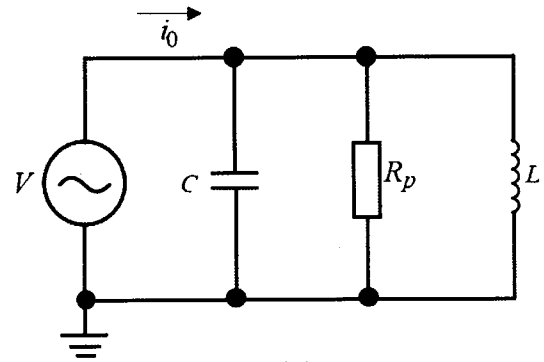


図3

- (a) 図2回路の複素電流 i_0 を求めよ。
- (b) R_p を L, r, ω を使って表せ。
- (c) 共振周波数を求めよ。
- (d) 共振時の回路全体のインピーダンス Z を L, r, C を使って求めよ。

(次ページに続く)

問 題

基盤理工学専攻

科目の番号

1

電気・電子回路

(前ページから続く)

(3) 図3のバイポーラ型トランジスタを使用したエミッタフォロワ回路について、次の(a)~(d)の間に答えよ。ただし、 V_{cc} はバイアス電源の直流電圧、 v_s と r_s は交流信号電圧源の電圧と内部抵抗、 R_1 と R_2 は抵抗、 C_1 と C_2 はコンデンサである。なお、使用する周波数において、 C_1 と C_2 のインピーダンスは無視できるほど小さいものとする。

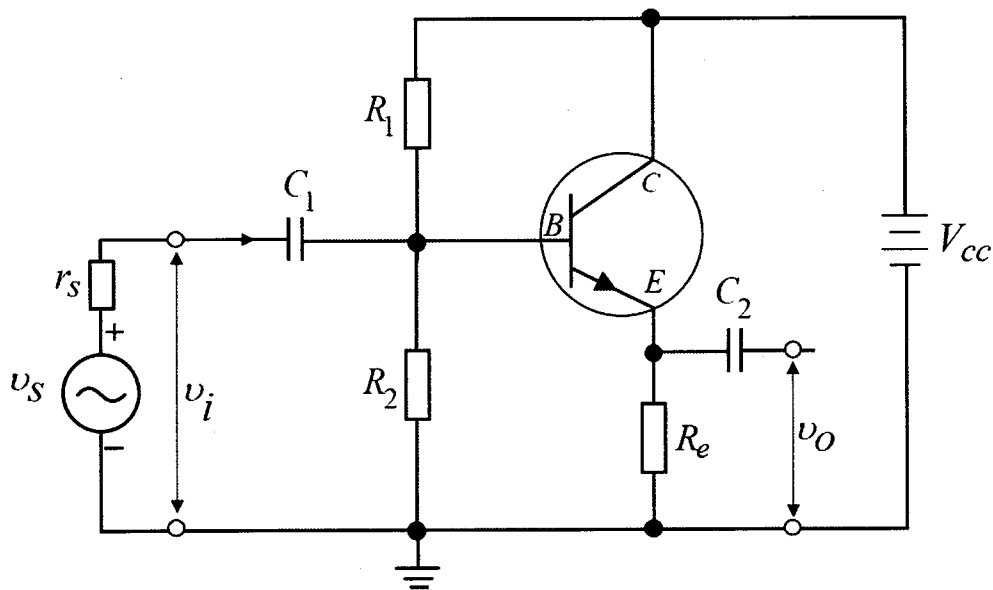


図3

- (a) 直流信号において、エミッタの直流電流 I_e としたとき、 R_e の値を求めよ。ただし、ベース(B)・エミッタ(E)間の電圧を V_{be} とし、ベースに流れ込む電流は R_2 を流れる電流よりも十分小さいと考えてよい。
- (b) エミッタ接地ハイブリッドパラメータ h_{fe}, h_{ie} を用いて図3に示す回路の小信号交流等価回路を描け。
- (c) 等価回路から電圧の増幅率 $\frac{v_o}{v_i}$ を求めよ。
- (d) 入力インピーダンス Z_{in} を求めよ。

(次ページに続く)

問題

基盤理工学専攻

科目の番号

1

電気・電子回路

(前ページから続く)

(4) 図4は位相補償器に使われるオペアンプ回路である。以下の間に答えよ。ただし、 V_i と V_o は入力と出力電圧、 Z_1 、 Z_2 と Z_4 はインピーダンス、オペアンプは理想オペアンプとする。線形可変インピーダンス $2Z_3$ のインピーダンス比は0.5とする。

- (a) V_i を用いて Z_1 に流れる電流 i_1 を求めよ。
- (b) e 点の電圧 V_e を用いてインピーダンス Z_2 を流れる電流 i_2 を求めよ。
- (c) V_i 、 Z_1 と Z_2 を用いて e 点の電圧 V_e を表せ。
- (d) Z_1 、 Z_2 、 Z_3 と Z_4 を用いて $\frac{V_o}{V_i}$ の関係式を表せ。

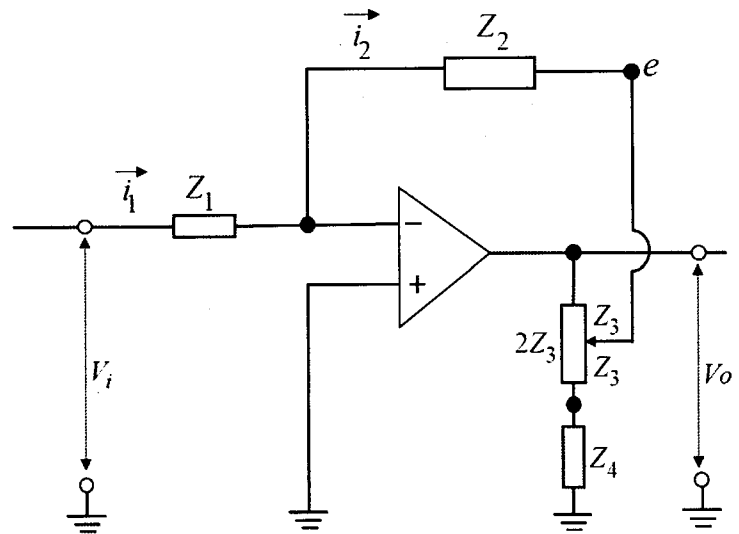


図4

出力電圧:output voltage, 直流電圧源:DC voltage source, スイッチ:switch, 抵抗:resistance, ブリッジ回路:bridge circuit, テブナンの定理:Thévenin's theorem, 等価回路:equivalent circuit, 電流:current, 複素電圧:complex voltage, 角周波数:angular frequency, 交流電源:AC voltage source, 容量:capacitance, コンデンサ:capacitor, インダクタンス:inductance, コイル:inductor, 内部抵抗:internal resistance, 共振回路:resonance circuit, 直列:series, 誘導性リアクタンス:inductive reactance, 等価抵抗:equivalent resistance, 並列:parallel, 複素電流:complex current, 共振周波数:resonance frequency, インピーダンス:impedance, バイポーラ型トランジスタ:bipolar transistor, エミッタフォロワ回路:emitter follower circuit, バイアス電源:bias voltage source, 交流信号:AC signal, 周波数:frequency, ベース:base, エミッタ接地ハイブリッドパラメータ:grounded emitter hybrid parameters, 小信号交流等価回路:small-signal AC equivalent circuit, 増幅率:amplification factor, 位相補償器:phase compensator, オペアンプ回路:operational amplifier circuit, 理想オペアンプ:ideal operational amplifier, 線形可変インピーダンス:linear variable impedance, インピーダンス比:impedance ratio

問 題

基盤理工学専攻

科目の番号

2

光波動工学

- (1) 互いに直交する x 軸, y 軸, z 軸に対して, 真空中を z 軸方向に伝搬する単色平面波の偏光について考える。任意の偏光を表すジョーンズベクトルは, 直交する二つのベクトルの線形結合として表すことができる。そこで, x 軸および y 軸に平行な直線偏光を表す二つの単位列ベクトル

$$J_x = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad J_y = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

を導入する。以下の問に答えよ。

- (a) 図1(i)のように x 軸と θ の角度をなす直線偏光のジョーンズベクトル J_θ を書け。
- (b) 図1(ii)のように $1/4$ 波長板の遅相軸 (slow axis) を x 軸と一致するように設置し, $\theta = +45^\circ$ と -45° の直線偏光を $1/4$ 波長板に透過させると, 透過後の偏光が円偏光となることをジョーンズベクトルを使って示せ。ここで, 右回り円偏光および左回り円偏光を表すジョーンズベクトル J_R と J_L は

$$J_R = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ -i \end{pmatrix}, \quad J_L = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ i \end{pmatrix}$$

とする。このときの「右回り」「左回り」とは, 光波を迎えるように見たときに電場が回転する方向である。また, ジョーンズベクトル表記に対する $1/4$ 波長板の作用は 2×2 の行列として

$$\begin{pmatrix} e^{i\pi/4} & 0 \\ 0 & e^{-i\pi/4} \end{pmatrix}$$

で与えられるものとする。

- (c) 円偏光のジョーンズベクトル J_R と J_L とが直交していることを示せ。
- (d) 右回り円偏光に対して等振幅の左回り円偏光に位相遅延 ϕ を付加して重ね合わせると直線偏光になる。このことをジョーンズベクトルを利用して θ と ϕ との関係を求めることにより示せ。

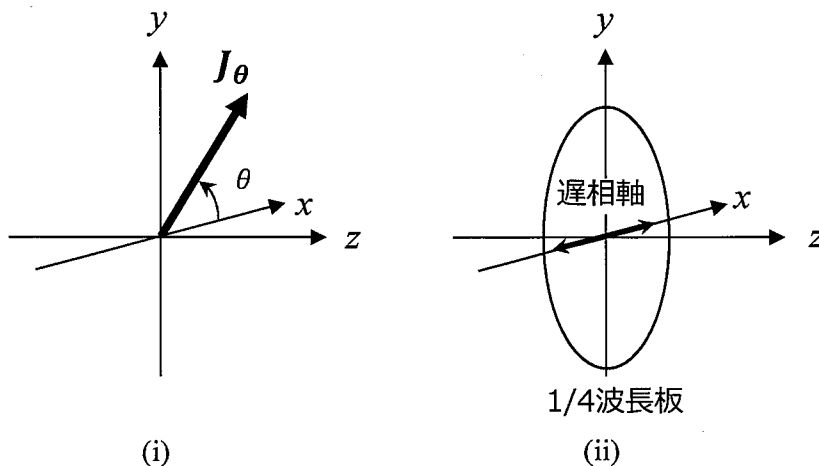


図 1

(次ページに続く)

問 題

基盤理工学専攻

科目の番号

2

光波動工学

(前ページから続く)

- (2) 屈折率 n_1 の媒質 1 から屈折率 n_2 の媒質 2 への光の入射によって生じる反射では、入射光の偏光が p 偏光と s 偏光との場合で反射率が異なる。媒質境界面への光の入射角を φ_1 、屈折角を φ_2 とすると境界面から反射される p 偏光の光波の振幅反射率 r_p は

$$r_p = \frac{\tan(\varphi_1 - \varphi_2)}{\tan(\varphi_1 + \varphi_2)}$$

で与えられる。 $n_1 \neq n_2$ とし、以下の間に答えよ。

- (a) p 偏光に関する以下の説明の空欄ア～ウに入る言葉を答えよ。

p 偏光とは境界面に垂直で (ア) と (イ) を含む入射面に対して (ウ) な偏光のことである。

- (b) 振幅反射率 $r_p = 0$ となる入射角 φ_1 と屈折角 φ_2 との関係を示せ。このときの入射角はブリュースター角と呼ばれる。

- (c) ブリュースター角を φ_B とすると、 φ_B と屈折率 n_1 および n_2 との関係をスネルの法則を利用して示せ。

- (3) フラウンホーファー回折では、図2のように x 軸上に設置された一次元開口を透過直後の光波の電場振幅の分布を表す関数 $f(x)$ と、開口から十分に離れたスクリーン上の u 軸で観測される回折像の電場振幅の分布を表す関数 $F(u)$ とが、フーリエ変換

$$F(u) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \exp(i2\pi ux) dx$$

によって関係づけられることが知られている。このことを利用して以下の間に答えよ。

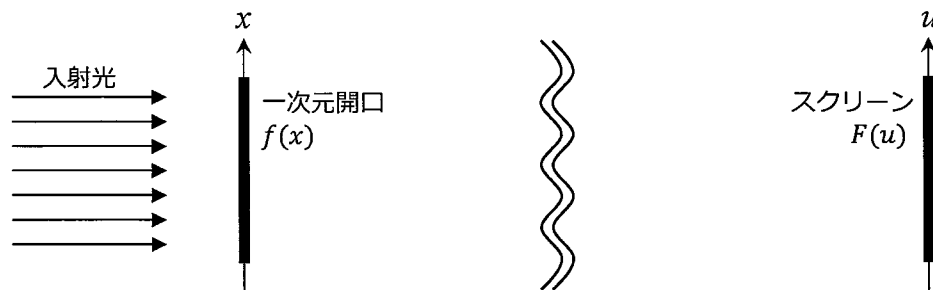


図 2

(次ページに続く)

問 題

基盤理工学専攻

科目の番号

2

光波動工学

(前ページから続く)

- (a) 無限小の開口幅を持つ二つの単スリットが、 x 軸上に間隔 d で並んでいる一次元系二重スリットを透過した直後における電場振幅の分布を表す関数は、ディラックのデルタ関数 $\delta(x)$ を用いて

$$f_1(x) = \frac{1}{2} \left\{ \delta\left(x - \frac{d}{2}\right) + \delta\left(x + \frac{d}{2}\right) \right\}$$

と表すことができる。このときの二重スリットを透過した光波による、スクリーン上の u 軸に沿った回折像の電場強度分布を表す関数を求めよ。なお、解答に際しては必要に応じてデルタ関数が任意の一次関数 $g(x)$ に対して以下の性質を持っていることを利用しても良い。

$$g(c) = \int_{-\infty}^{\infty} g(x) \delta(x - c) dx$$

ここで c は任意定数である。

- (b) 図3(i)のように x 軸上に設置された有限の開口幅 a の単スリットを透過した光波による、スクリーン上の u 軸に沿った回折像の電場強度分布を表す関数を求めよ。このとき開口内での電場振幅の大きさおよび位相は一定であるとする。
- (c) 図3(ii)のような開口幅 a の単スリットが間隔 d で並んでいる二重スリットを透過した光波による回折像の強度分布は、前問(a)および(b)で求めた回折像の強度分布を表す関数の積と一致する。この理由を畳み込み積分の考え方を使いながら説明せよ。

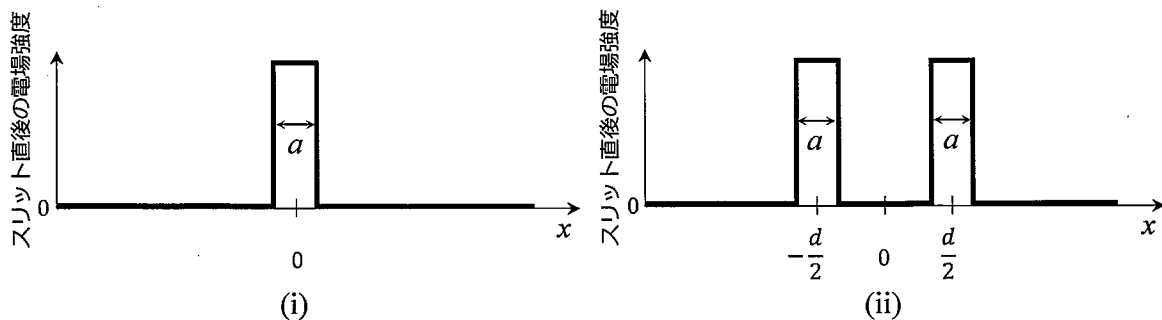


図 3

直交: orthogonal, 真空: vacuum, 単色平面波: monochromatic plane wave, 偏光: polarization, 任意: arbitrary, ジョーンズベクトル: Jones vector, 線形結合: linear combination, 直線偏光: linear polarization, 単位列ベクトル: unit column vector, 1/4 波長板: quarter-wave plate, 透過: transmission, 円偏光: circular polarization, 右回り (左回り): right-(left-)handed, 光波: light wave, 電場: electric field, 作用: operation, 行列: matrix, 等振幅: equal amplitude, 位相遅延: phase delay, 重ね合わせる: superpose, 屈折率: refractive index, 媒質: medium, 入射: incident, 反射: reflection, 反射率: reflectance, 境界面: interface, 振幅: amplitude, ブリュースター角: Brewster angle, スネルの法則: Snell's law, フラウンホーファー回折: Fraunhofer diffraction, 一次元開口: one-dimensional aperture, スクリーン: screen, 回折像: diffraction pattern, フーリエ変換: Fourier transform, 無限小: infinitesimal, 単スリット: single slit, 二重スリット: double slit, ディラックのデルタ関数: Dirac delta function, 位相: phase, 畳み込み積分: convolution integral.

問 題

基盤理工学専攻

科目の番号

3

量子力学／統計力学

質量 m の同種の自由粒子 N 個が一辺 L の箱の中で運動している。以下の問に答えよ。

- (1) 系を古典的に扱うとき、絶対温度 T における1粒子の分配関数 Z_1 を位置 (x, y, z) と共役運動量 (p_x, p_y, p_z) による積分式で表せ。
- (2) 上で求めた積分を実行し、1粒子分配関数を求めよ。ただし、 $V = L^3$ とせよ。
- (3) N 粒子系の分配関数 Z_N を Z_1 で表現し、計算せよ。
- (4) N 粒子系のヘルムホルツの自由エネルギー F_N を Z_N で表現し、計算せよ。ただし、スターリングの公式 $\log N! \simeq N \log N - N$ を用いよ。
- (5) N 粒子系の圧力 p を F_N で表現し、 N, V, T の関数として求めよ。
- (6) N 粒子系のエントロピー S_N を F_N で表現し、 N, V, T の関数として求めよ。
- (7) N 粒子系の内部エネルギー E_N を F_N で表現し、 N, V, T の関数として求めよ。
- (8) 同じ系を量子力学的に扱う。周期境界条件を課す場合の1粒子のエネルギー準位は、3つの整数 n_x, n_y, n_z を用いて

$$\varepsilon = \frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{2\pi}{L} \right)^2 (n_x^2 + n_y^2 + n_z^2)$$

で表され、1粒子の分配関数 Z_1^q は、量子状態の状態和

$$Z_1^q = \sum_{n_x} \sum_{n_y} \sum_{n_z} e^{-\varepsilon/k_B T}$$

で求められる。通常この和は積分に置き換えることによって計算可能になる。 Z_1^q を計算するための積分式を示せ。

- (9) (8)の積分で得られる量子分配関数は、(2)で求めた古典分配関数と完全に一致する。量子統計と古典統計の関係を述べ、この結果の理由を説明せよ。

質量: mass, 同種の: identical, 自由粒子: free particles, 古典的: classical, 絶対温度: absolute temperature, 分配関数: partition function, 位置: position, 共役運動量: conjugate momentum, ヘルムホルツの自由エネルギー: Helmholtz free energy, スターリングの公式: Stirling's formula, 圧力: pressure, エントロピー: entropy, 内部エネルギー: internal energy, 量子力学的: quantum mechanical, 周期境界条件: periodic boundary condition, エネルギー準位: energy level, 量子状態: quantum state, 状態和: state sum, 古典統計: classical statistical mechanics, 量子統計: quantum statistical mechanics

問 題

基盤理工学専攻

科目の番号

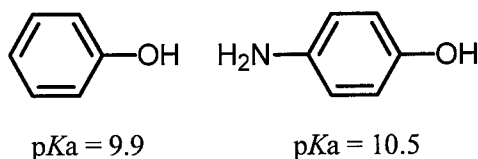
4

無機・有機化学

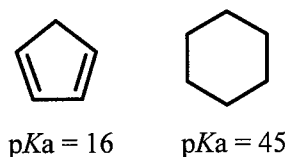
(1) 分子の構造, 反応, 性質に関する以下の問に答えよ。

- (a) BF_3 は平面形の分子構造である。この構造になる理由を、混成軌道の考え方を使って説明せよ。また、 BF_3 とトリメチルアミン($\text{N}(\text{CH}_3)_3$)の反応生成物の立体的な構造を書き、どのような結合形成が起きたか説明せよ。
- (b) 酸素分子 O_2 が常磁性であることを、分子軌道の電子占有を示して説明せよ。
- (c) 以下の(i)と(ii)それぞれに示した2つの化合物の間で pK_a が異なる理由を共役塩基の構造を描いて説明せよ。

(i)



(ii)

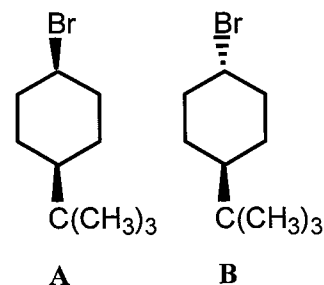


(2) 金属錯体に関する以下の問に答えよ。

- (a) 第4周期の金属イオン M^{n+} が中性の配位子 L と八面体型錯体 $[\text{ML}_6]^{n+}$ を生成すると、結晶場分裂により M^{n+} の3d軌道のエネルギー準位は、右図のように2つの準位 (t_{2g} 軌道と e_g 軌道)に分裂する。なお、3d軌道のエネルギー準位は球対称な結晶場の場合を示し、エネルギー準位の分裂の大きさを Δ とした。 Ti^{3+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} の $[\text{ML}_6]^{n+}$ について、結晶場が弱いときと強いときの結晶場安定化エネルギーを答えよ。
 Ti , Mn , Fe の原子番号はそれぞれ 22, 25, 26 である。
-
- (b) 八面体型錯体の $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ は 490 nm に光吸収の極大を示す。この錯体の Δ に相当する波数 (cm^{-1})を求めよ。
- (c) 分光化学系列では、 $\text{H}_2\text{O} < \text{CN}^-$ の関係がある。 $[\text{Mn}(\text{CN})_6]^{4-}$ は $[\text{Mn}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ と比べて光吸収の極大波長がどのように変化するか、理由とともに答えよ。

(3) 右の化合物A, Bに関する以下の問に答えよ。

- (a) 化合物A, Bに塩基を作用するとE2反応により同じアルケン生成物を与えるが、Aの方がBより速く反応が進行する。反応性の違いをす型配座の構造とNewman投影図を使って説明せよ。
- (b) 化合物Aと CN^- との $\text{S}_{\text{N}}2$ 反応で得られる生成物を最も安定なす型配座で書け。また、Aの濃度を半分、 CN^- の濃度を3倍にすると反応速度はどのように変化するか。



(次ページに続く)

問 題

基盤理工学専攻

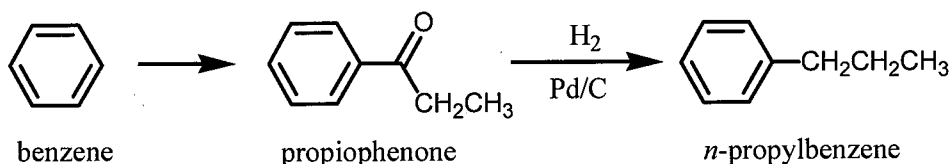
科目の番号

4

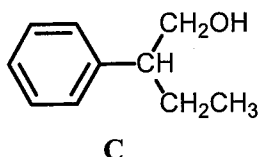
無機・有機化学

(前ページから続く)

(4) *n*-プロピルベンゼンは、以下のようにベンゼンからプロピオフェノンを経由して合成される。この反応に関わる以下の間に答えよ。



- (a) ベンゼンからプロピオフェノン合成するのに、 AlCl_3 と共に用いる最も適切な試薬は何か。また、 AlCl_3 とこの試薬でどのような活性種が生成するか。
- (b) ベンゼンに AlCl_3 と1-クロロプロパン($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$)を加えて反応したが *n*-プロピルベンゼンは少量しか得られなかった。*n*-プロピルベンゼンの収率が低くなる理由を答えよ。
- (c) プロピオフェノンから以下の化合物Cを合成したい。下記の枠内から適切な試薬を選んで用い、合成経路を1つ提案せよ。なお、経路は多段階の反応となる。また、試薬を組み合わせたり、同じ試薬を複数回用いてもよい。



NaBH_4	BH_3	$\text{CH}_3\text{P}(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{Br}$	PBr_3	H_3O^+	CrO_3
$\text{C}_4\text{H}_9\text{Li}$	$\text{H}_2\text{O}_2, \text{OH}^-$	HCHO	HCO_2H	CH_3MgBr	Mg

混成軌道: hybrid orbital, 常磁性: paramagnetism, 分子軌道: molecular orbital, 共役塩基: conjugate base, 金属イオン: metal ion, 配位子: ligand, 八面体型錯体: octahedral complex, 結晶場分裂: crystal field splitting, エネルギー準位: energy level, 球対称: spherical symmetry, 結晶場安定化エネルギー: crystal field stabilization energy, 分光化学系列: spectrochemical series, 塩基: base, アルケン: alkene, いす形配座: chair conformation, Newman投影図: Newman projection, *n*-プロピルベンゼン: *n*-propylbenzene, ベンゼン: benzene, プロピオフェノン: propiophenone, 試薬: reagent, 活性種: active species

問 題

基盤理工学専攻

科目の番号

5

分子生物学／生物化学

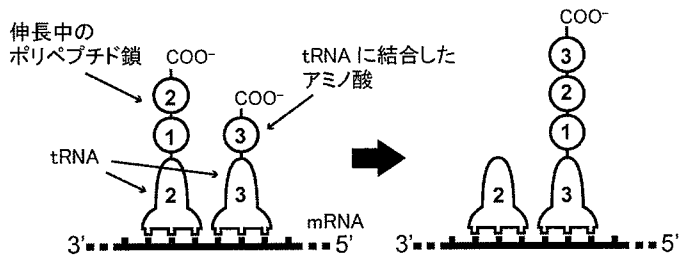
(1) 核酸、遺伝子、タンパク質に関する以下の問に答えよ。

(a) DNA と RNA の構成要素や分子構造における相違点を3つ挙げよ。

(b) アンチコドンとは何か、説明せよ。また、アンチコドンはコドンより存在する種類が少ないが、その理由を述べよ。

(c) 真核生物では、タンパク質をコードしている遺伝子の数より、それらから作られるタンパク質の種類の方が多。その理由を述べよ。

(d) 右図は、リボソームでの mRNA からタンパク質への翻訳において、伸長中のポリペプチド鎖に3つ目のアミノ酸が付加される前後の様子を示した模式図だが、いずれにも明らかな誤りがいくつかある。誤りを正した模式図を描け。



(e) タンパク質は、特定のアミノ酸の側鎖にリン酸基が付加されることによって活性が大きく変化することがある。

(i) 多くの場合、タンパク質へのリン酸基の付加は ATP からのリン酸の転移による。この反応を触媒する酵素と、タンパク質に付加されたリン酸基が加水分解によって除去される反応を触媒する酵素の名称をそれぞれ答えよ。

(ii) タンパク質を構成するアミノ酸の中で、真核細胞において(i)の酵素によってリン酸基が付加され得るものを3つ挙げよ。またそれらの側鎖に共通してみられる官能基の名称を答えよ。

(iii) リン酸基の付加によってタンパク質の活性が変化する理由を説明せよ。

(2) 解糖系での代謝について、以下の文章を読んで問に答えよ。

解糖系では、グルコースはまずリン酸が2つ付加されて **A** となる。このとき ATP が消費される。**A** はアルドラーゼとトリオースリン酸異性化酵素の作用によって2分子の **B** となる。**B** は脱水素酵素の作用によって **C** へと酸化され、これと共役して **D** が生じる。2分子の **C** がそれぞれ最終産物である **E** となる過程で ATP が産生される。

(a) 文中の空欄 A～E に入る最も適切な化合物名を、それぞれ以下の語群から選べ。

グルコース 1,6-ビスリン酸, フルクトース 1,6-ビスリン酸, 1,3-ビスホスホグリセリン酸,
フルクトース 6-リン酸, グリセルアルデヒド 3-リン酸, 3-ホスホグリセリン酸, ピルビン酸,
オキサロ酢酸, NAD⁺, NADH, FADH₂

(b) 1分子のグルコースから2分子の化合物 E が生じる過程で、消費される ATP と産生される ATP はそれぞれ何分子か。

(c) 酸素が少ない環境下の細胞では、化合物 E はエタノールや乳酸へと代謝される。もし無酸素環境下でもこれらの反応が起こらなかった場合、解糖系で生じるグルコース由来の中間生成物のうちのどれが蓄積すると考えられるか、(a)の語群から1つ選べ。またその理由を説明せよ。

(次ページに続く)

問 題

基盤理工学専攻

科目の番号

5

分子生物学／生物化学

(前ページから続く)

- (3) 遺伝子工学の手法を用いて複数のタンパク質の遺伝子をつなぎ合わせたものを細胞に導入すれば、それらが融合したタンパク質を発現させることができる。
- 以下の①～⑥のタンパク質（またはその一部）のアミノ酸配列をコードする cDNA をつなぎ合わせて、小胞体 (ER) 内腔での Ca^{2+} 濃度の変化を蛍光シグナルの変化で測定するための融合タンパク質を作製したい。①～⑥をどのような順番でつなぎ合わせればよいか、考えを述べよ。またそのタンパク質を細胞に発現させたとき、どのような原理で ER 内の Ca^{2+} 濃度を測定できるのかを説明せよ。模式図を描いて説明に用いてもよい。
- ただし、CFP の蛍光スペクトルと YFP の励起スペクトルは重複するため、両者が近接しているときには CFP から YFP への蛍光共鳴エネルギー移動 (FRET) が起こり得るものとする。
- ①CFP：シアン色蛍光を発する蛍光タンパク質，②YFP：黄色蛍光を発する蛍光タンパク質，
 ③CaM： Ca^{2+} 結合タンパク質，④CaMBP： Ca^{2+} を結合した CaM が結合するペプチド，
 ⑤ERsig：ER 移行シグナル配列，⑥KDEL：ER 残留シグナル配列

核酸：nucleic acid, 遺伝子：gene, タンパク質：protein, アンチコドン：anticodon, コドン：codon, 真核生物：eukaryote, リボソーム：ribosome, 翻訳：translation, ポリペプチド鎖：polypeptide chain, アミノ酸：amino acid, 側鎖：side chain, リン酸基：phosphate group, 酵素：enzyme, 加水分解：hydrolysis, 真核細胞：eukaryotic cell, 官能基：functional group, 解糖系：glycolysis, 代謝：metabolism, グルコース：glucose, アルドラーゼ：aldolase, トリオースリン酸異性化酵素：triosephosphate isomerase, 脱水素酵素：dehydrogenase, 酸化：oxidation, 最終産物：final product, グルコース 1,6-ビスリン酸：glucose 1,6-bisphosphate, フルクトース 1,6-ビスリン酸：fructose 1,6-bisphosphate, 1,3-ビスホスホグリセリン酸：1,3-bisphosphoglycerate, フルクトース 6-リン酸：fructose 6-phosphate, グリセルアルデヒド 3-リン酸：glyceraldehyde 3-phosphate, 3-ホスホグリセリン酸：3-phosphoglycerate, ピルビン酸：pyruvate, オキサロ酢酸：oxaloacetate, 酸素：oxygen, エタノール：ethanol, 乳酸：lactate, 無酸素環境：anaerobic environment, 中間生成物：intermediate product, 遺伝子工学：genetic engineering, アミノ酸配列：amino acid sequence, 小胞体：endoplasmic reticulum, 内腔：lumen, 蛍光シグナル：fluorescence signal, 蛍光スペクトル：emission spectrum, 励起スペクトル：excitation spectrum, 蛍光共鳴エネルギー移動：fluorescence resonance energy transfer, 蛍光タンパク質：fluorescent protein, Ca^{2+} 結合タンパク質： Ca^{2+} -binding protein, ペプチド：peptide, ER 移行シグナル配列：ER-targeting signal sequence, ER 残留シグナル配列：ER-retention signal sequence

問 題

基盤理工学専攻

科目の番号

6

基礎数学

(1) 以下の行列とベクトルについて問に答えよ。

(a) 行列 $A = \begin{bmatrix} -4 & 2 & -1 & -7 \\ 0 & 5 & -3 & 0 \\ 0 & 4 & -3 & 0 \\ 3 & -2 & 1 & 6 \end{bmatrix}$ の行列式 $\det A$ を求めよ。

(b) ベクトル $\mathbf{P}_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix}$, $\mathbf{P}_2 = \begin{bmatrix} 7 \\ 1 \\ 2 \\ -3 \end{bmatrix}$, $\mathbf{P}_3 = \begin{bmatrix} 9 \\ 2 \\ 4 \\ -1 \end{bmatrix}$ について, $i = 1, 2, 3$ として「 \mathbf{P}_i は α_i に対する A の固有ベクトルである。」という条件を満たす実数 α_i は存在するか, 存在するならその α_i を求め, 存在しないなら理由を示せ。

(c) 上の3つのベクトルで, $\mathbf{P}_i = a_j \mathbf{P}_j + a_k \mathbf{P}_k$ (i, j, k は 1 か 2 か 3. かつ a_j, a_k は整数とする) で表されるという。この式を完成させよ。

(d) $\mathbf{P}_1, \mathbf{P}_2$ の生成する \mathbb{R}^4 の部分空間 $V = \{c_1 \mathbf{P}_1 + c_2 \mathbf{P}_2 \in \mathbb{R}^4 \mid c_1, c_2 \in \mathbb{R}\}$ で定義し,

$\mathbf{P}_4 = \begin{bmatrix} x \\ y \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} \in V$ であったという。この時の \mathbf{P}_4 を決定せよ。

(e) 自然数 n に対して, $A^n \mathbf{P}_1, A^n \mathbf{P}_2, A^n \mathbf{P}_3$ を求めよ。

(2) 以下の問に答えよ。

(a) $f(x, y) = x^2 + y^2$, $g(x, y) = 3xy + y^2$ である時に, 図1で示される長方形を反時計回りに回る経路 C で以下の積分の値を求めよ。

$$\int_C (f dx + g dy)$$

(b) $G = \frac{\partial f}{\partial x}$, $F = \frac{\partial g}{\partial y}$ であった時に, 図1の長方形の内部 D で次の重積分の値を求めよ。

$$\iint_D (G - F) dx dy$$

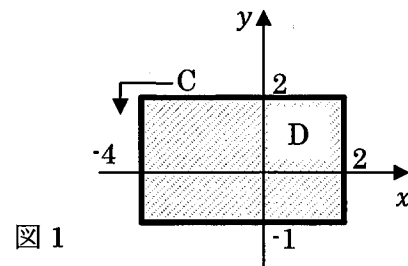


図1

(次ページに続く)

問 題

基盤理工学専攻

科目の番号

6

基礎数学

(前ページから続く)

(3) 領域 $D' = \{(x, y, z) : x^2 + y^2 + z^2 \leq 1\}$ の内部を V , その表面を S として, 以下の問に答えよ。

(a) S 上の任意の点 (x, y, z) での法線ベクトル \mathbf{n} を求めよ。

(b) ベクトル $\mathbf{M} = \begin{bmatrix} 2x \\ 3y \\ -4z \end{bmatrix}$ の時, 体積積分 $\int_V \operatorname{div} \mathbf{M} \, dV$ の値を求めよ。ここで, $\operatorname{div} \mathbf{A}$ はベクトル \mathbf{A} の発散を表す。

(c) ベクトル $\mathbf{Q} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$ の時, 球の表面 S で以下の積分を行った答えを求めよ。

$$\int_S \mathbf{Q} \cdot \mathbf{n} \, dS \quad (\text{ただし, } \mathbf{n} \text{ は球の表面の法線ベクトル})$$

行列: matrix, 行列式: determinant, 固有ベクトル: eigenvector, 実数: real number, 整数: integer, 部分空間: subspace, 自然数: natural number, 長方形: rectangle, 反時計回り: anticlockwise, 経路: route, 積分: integral, 内部: inside, 重積分: multiple integral, 領域: region, 表面: surface, 法線ベクトル: normal vector, 体積積分: volume integral, 発散: divergence

問 題

基盤理工学専攻

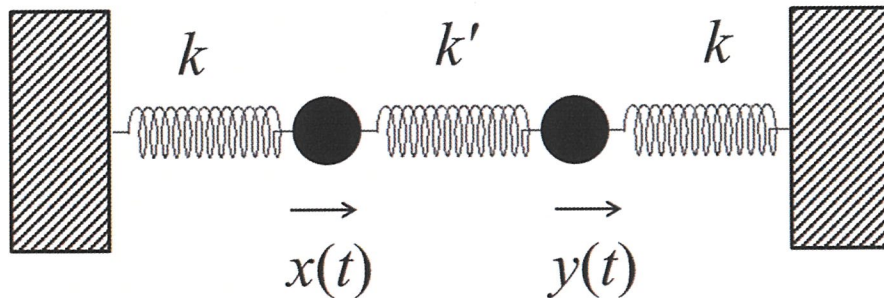
科目の番号

7

力学

以下の設問では紙面に向かって右方向を正方向とし、振動する前の状態では、ばねがそれぞれ自然長の長さで質点が静止しているものとする。設問中の微分方程式の解は、三角関数を用いて答えること。

- (1) 下図のように、水平な直線上で一端を固定されたばね定数 k のばねにつながれている2つの質点（質量 m ）を考える。これら2つの質点をばね定数 k' のばねでつなぎ、質点の平衡点からの変位をそれぞれ $x(t), y(t)$ としたとき、以下の問に答えよ。但し、ばねにつながれた2つの質点がばねに対して垂直方向には変位しないものとする。
- ばね定数 k のばねの伸びを質点の変位を用いて求めよ。
 - 2つの質点の運動方程式を求めよ。
 - 前問(b)で求めた2つの運動方程式から、互いに独立な2つの単振動の方程式を導くことができることを示せ。
 - 前問(c)で求めた2つの単振動の方程式から、それぞれの角振動数 (ω_1, ω_2) を k, k', m を用いて求めよ。
 - 時刻 $t=0$ で $x(0)=0, y(0)=0$ であり、 $x(t)$ で表される質点の初速度が0、 $y(t)$ で表される質点が正の向きで v_0 の初速度をもつとする。このとき、2つの単振動の振幅を v_0, k, k', m を用いて求めよ。但し、 ω_1, ω_2 を用いてよいものとする。
 - 前問(e)の条件下で2つの質点について、 $x(t), y(t)$ の式を求めよ。



(次ページに続く)

問 題

基盤理工学専攻

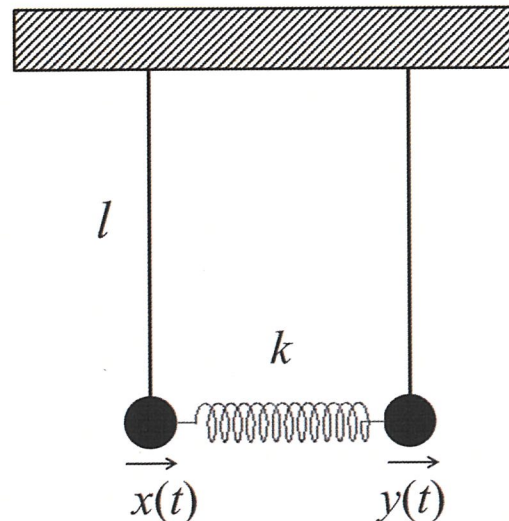
科目の番号

7

力学

(前ページから続く)

- (2) 下図のように、長さ l の軽くて伸び縮みしない糸で吊るした2つの質点（質量 m ）を、ばね定数 k のばねにつないだ。重力加速度を g ，それぞれの質点の平衡点からの変位をそれぞれ $x(t)$ ， $y(t)$ とする。また、2つの質点がそれぞれ平衡点にあるとき糸が鉛直であり、質点がばねと平行な方向に微小振動するとして、以下の問いに答えよ。
- (a) 微小振動している質点は2つの力を受ける。変位が $x(t)$ で表される質点が、重力によってばねと平行な方向に受ける力を $l, m, g, x(t)$ を用いて表せ。
- (b) 2つの質点の運動方程式を求めよ。
- (c) この系における基準振動が、互いに独立な2つの単振動の方程式で表されることを示せ。
- (d) この系における2つの基準振動の角振動数を求めよ。さらに、それらの平均 $\bar{\omega}$ と差 $\Delta\omega$ (>0) も求めよ。
- (e) 時刻 $t=0$ で $x(0)=0$ ， $y(0)=a$ (>0)， $x(t)$ ， $y(t)$ で表される質点の初速度がそれぞれ0とした場合、 $x(t)$ ， $y(t)$ の式を求めよ。但し、 $\bar{\omega}$ と $\Delta\omega$ を用いてもよいものとし、三角関数の積の形とせよ。
- (f) ばね定数が小さいときの2つの質点の振動の様子を説明せよ。



自然長：original length，質点：mass point，ばね定数：spring constant，質量：mass，平衡点：equilibrium point，変位：displacement，ばねの伸び：spring elongation，運動方程式：equation of motion，角振動数：angular frequency，初速度：initial velocity，振幅：amplitude，重力加速度：gravitational acceleration，微小振動：micro vibration，基準振動：normal mode，平均：average，差：difference

問 題

基盤理工学専攻

科目の番号

8

電磁気学

(1) 以下の物理量の単位を SI 基本単位 (m, kg, s, A) で表せ。

- (a) 電位 [V]
- (b) 磁束密度 [T]
- (c) 電気容量 (キャパシタンス) [F]
- (d) 誘導係数 (インダクタンス) [H]

(2) 真空の透磁率を μ_0 として以下の間に答えよ。

- (a) 真空中で時間変動の無い場におけるアンペールの法則（電流がつくる磁束密度 \vec{B} または磁場の強さ \vec{H} に関する方程式）を式で書け。積分形、微分形いずれでも構わない。式に含まれる変数がそれぞれ何を表しているか記せ。
- (b) 半径 a の円柱（丸棒）型導体と、内半径と外半径がそれぞれ b_1, b_2 ($a < b_1 < b_2$) であるような中空円筒型導体を中心軸が一致するように真空中に配置した（図 1）。円柱型導体の内部には中心軸と平行な方向に電流 I が一様に流れており、中空円筒型導体にも大きさが等しい電流 I が中心軸と平行に一様に流れているが、向きは逆向きである。中心軸からの距離を r として、磁束密度の大きさ $B(r)$ を r の関数として求めよ。なお、いずれの導体も無限に長いものとし、導体の透磁率も真空同様 μ_0 であるものとする。

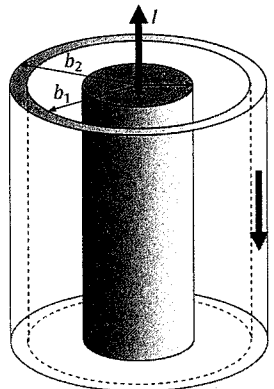


図 1

(3) 真空の誘電率を ϵ_0 として以下の間に答えよ。

- (a) 真空中で時間変動の無い場におけるガウスの法則（電荷がつくる電場 \vec{E} または電束密度 \vec{D} に関する方程式）を式で書け。積分形、微分形いずれでも構わない。式に含まれる変数がそれぞれ何を表しているか記せ。
- (b) 電荷 Q_a を与えた半径 a の導体球を真空中に置いた。導体球表面の電場の強さと電位を求めよ。ただし電位は無限遠を基準とする。
- (c) 電荷 Q_a を与えた半径 a の導体球 A を真空中に置いた。次に電荷 Q_b を与えた導体球 B を A とは十分離して真空中に置いた。その後、細い導線で A と B を接続したが、いずれの導体球の電荷にも変化は無かった（導線上の電荷は無視できるものとする）。導体球 B の半径を求めよ。

(次ページに続く)

問 題

基盤理工学専攻

科目の番号

8

電磁気学

(前ページから続く)

(4) 真空の誘電率を ϵ_0 として以下の間に答えよ。

- (a) 位置 \vec{r} に依存する電場 $\vec{E}(\vec{r})$ 中で、電荷 q の点電荷を $\vec{r} = \vec{r}_1$ から \vec{r}_2 まで移動したときの点電荷の静電エネルギーの変化を式で表せ。
- (b) 真空中で x 軸上の $x = -d$ の位置に電荷 $-q$ の点電荷が固定されている。 x 軸上の $x = d$ に電荷 $+q$ の点電荷 A を置いたとき、この点電荷 A が持つ静電エネルギーを答えよ。ただし点電荷 A が無限遠にあるときの静電エネルギーを 0 とする。
- (c) 無限に広い接地導体面が xy 平面にあり、 $z > 0$ の領域は真空であるとする。 z 軸上 $z = d$ ($d > 0$)の位置に電荷 $+q$ の点電荷を置いた (図 2)。以下の間に答えよ。
- (i) 導体面を取り除き、ある電荷を持った点電荷 B 一つをある位置に置くと、 $z > 0$ 領域の電場は図 2 の場合と等しくなるという。そのような条件を成り立たせるための点電荷 B の電荷と位置 ((x, y, z) 座標) を、その定性的理由 (2-3 行程度) とともに答えよ。
- (ii) 図 2 の点電荷が持つ静電エネルギーを求めよ。ただし点電荷が無限遠 ($z = \infty$) にあるときの静電エネルギーを 0 とする。

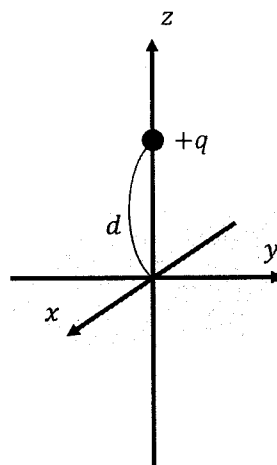


図 2

物理量：physical quantity, 電位：electric potential, 磁束密度：magnetic flux density, 電気容量 (キャパシタンス)：electric capacity (capacitance), 誘導係数 (インダクタンス)：inductance, 真空：vacuum, 透磁率：magnetic permeability, 時間変動：time variation, アンペールの法則：Ampère's law, 電流：electric current, 磁場の強さ：magnetic field strength, 方程式：equation, 積分形：integral form, 微分形：differential form, 変数：variable, 円柱 (丸棒) 型導体：cylinder (round-bar) conductor, 中空円筒型導体：hollow cylindrical conductor, 無限に長い：infinitely long, 誘電率：dielectric constant, ガウスの法則：Gauss's law, 電荷：electric charge, 電場：electric field, 電束密度：electric flux density, 導体球：conductor sphere, 無限遠：infinite distance, 導線：conductive wire, 点電荷：point charge, 静電エネルギー：electrostatic energy

問 題

基盤理工学専攻

科目の番号

9

光・電子デバイス基礎

以下の問(1)(a)~(e), (2)(a)~(f)に答えよ。個別の問の中で特に指示がない場合には, E_C は伝導帯の底, E_V は価電子帯の頂上, E_F はフェルミ準位, E_i は真性フェルミ準位, k_B はボルツマン定数, q は電気素量, T は絶対温度を表す。

- (1) 図1のように濃度 N_D のドナーが一様にドーピングされたn型半導体がある。 E_D はドナー準位である。このn型半導体の電子濃度 n と絶対温度 T との関係について、縦軸に n の対数を、横軸に T の逆数をプロットしたグラフを図2に示す。 T の変化に対して n が特徴的な変化を示す温度域として、しばしば真性領域（領域I）、飽和領域（領域II）、不純物領域（領域III）のように分類される。
- (a) 伝導帯の電子濃度 n および価電子帯の正孔濃度 p を, E_C , E_V , E_F , N_C , N_V を用いてそれぞれ表せ。ここで, N_C , N_V は伝導帯および価電子帯の実効状態密度である。
- (b) このn型半導体の真性フェルミ準位 E_i を, E_C , E_V , N_C , N_V を用いて表せ。
- (c) 真性領域（領域I）にあるn型半導体について、温度上昇に伴うフェルミ準位の位置の変化を, E_V , E_C , E_D , E_i のうち適切なものと対応づけて説明せよ。
- (d) 飽和領域（領域II）における電子濃度 n を表せ。
- (e) 不純物領域（領域III）において, $\frac{n^2}{N_D} = \frac{1}{2} N_C \exp\left(-\frac{E_C - E_D}{k_B T}\right)$ の関係式が成り立つとき, 電子濃度 n を導出し, 電子の活性化エネルギーを求めよ。

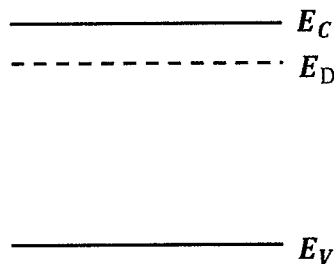


図1

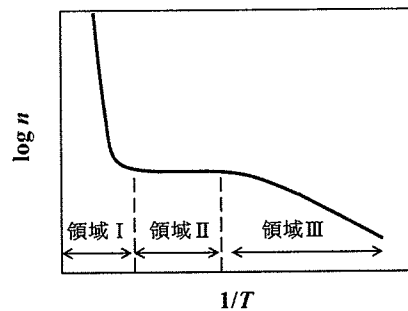


図2

- (2) 禁制帯幅 E_g の同一の母体材料からなる一様な半導体Aおよび半導体Bがそれぞれ独立にあるものとする。半導体Aには濃度 N_D のドナーが, 半導体Bには濃度 N_A のアクセプタがドーピングされており, フェルミ準位はそれぞれ E_{FA} , E_{FB} である。半導体AおよびBの電子親和力を χ_A , χ_B , 仕事関数を ϕ_A , ϕ_B とする。

- (a) χ_A , ϕ_A および χ_B , ϕ_B を, 真空準位 E_{VAC} , および E_V , E_C , E_i , E_{FA} , E_{FB} から適切なものを用いてそれぞれ表せ。

(次ページに続く)

問 題

基盤理工学専攻

科目の番号

9

光・電子デバイス基礎

(前ページから続く)

- (b) 一様な n 型半導体に強さ F の電界が印加されているとき、電界により生じる電子のドリフト電流密度 $J_{e,drift}$ を表せ。なお、この n 型半導体中の電子濃度を n 、電子移動度を μ_e とする。
- (c) n 型半導体中の z 方向に対して電子濃度勾配が存在するとき、この濃度勾配によって生じる z 方向の電子の拡散電流密度 $J_{e,diff}$ を表せ。なお、電子の拡散係数を D_e とする。

次に、この半導体 A, B を接触させて理想的な pn 接合を形成する。pn 界面に垂直な向きを z 方向とする。なお、pn 界面における界面準位および半導体表面における表面準位は無視してよい。

- (d) 熱平衡状態かつ暗状態における pn 接合のエネルギー準位図を図示せよ。図には、 E_V , E_C , E_i , E_g , E_F を明記し、また、半導体 A, B の属する領域と pn 接合界面についても示すこと。
- (e) 熱平衡状態かつ定常状態において、pn 接合中の拡散電流とドリフト電流は均衡し、pn 界面を通過する正味の電流はゼロとなる。空間電荷層における内蔵電界分布 $F(z) = \frac{1}{q} \frac{dE_i(z)}{dz}$ 、および電子濃度分布 $n(z) = n_i \exp\left(\frac{E_F(z) - E_i(z)}{k_B T}\right)$ の関係式を用いて、フェルミ準位 $E_F(z)$ が pn 接合全体にわたって一定となることを示せ。
- (f) この pn 接合の両端に電流計を接続し、短絡状態にする。半導体 A の表面から $E_p > E_g$ なるエネルギー E_p の光を照射したとき、電流計で電流値の増加が観測された。この状況において、光によって生成された電子および正孔のふるまいについて説明せよ。ただし、キャリアを述べる際には電子、正孔の区別をすること。

伝導帯の底 : bottom of conduction band, 価電子帯の頂上 : top of valence band, フェルミ準位 : Fermi level, 準位 : level, 真性 : intrinsic, ボルツマン定数 : Boltzmann constant, 電気素量 : elementary charge, 絶対温度 : absolute temperature, 濃度 : density, ドナー : donor, ドープ : doped, n 型 : n-type, 半導体 : semiconductor, 電子 : electron, 真性領域 : intrinsic region, 飽和領域 : saturated region, 不純物領域 : impurity region, 正孔 : hole, 実効状態密度 : effective density of states, 活性化エネルギー : activation energy, 禁制帯幅 : bandgap energy, 母体材料 : host material, アクセプタ : acceptor, 電子親和力 : electron affinity, 仕事関数 : work function, 真空準位 : vacuum level, 電界 : electric field, ドリフト : drift, 電流密度 : current density, 移動度 : mobility, 濃度勾配 : density gradient, 拡散 : diffusion, pn 接合 : pn-junction, 界面 : interface, 表面 : surface, 熱平衡状態 : thermal equilibrium condition, 暗状態 : dark condition, エネルギー準位図 : energy band diagram, 定常状態 : steady state, 空間電荷層 : space charge region, 内蔵電界 : built-in electric field, 電流計 : ampere meter, 短絡 : short-circuit, キャリア : carrier

問 題

基盤理工学専攻

科目の番号

10

物理化学

(1) 純物質の相平衡に関する以下の問に答えよ。

(a) 右図のように純粋な物質の2つの相が1つの容器内で共存している場合（平衡状態）を考える。

(i) 相1から相2へ微量 (dn) だけ移動したときの、系全体のギブズエネルギーの微小変化 dG を、各相の化学ポテンシャル μ_1 , μ_2 を用いて表せ。

(ii) 2つの相が相平衡になるための条件を、化学ポテンシャルを用いて説明せよ。

(b) 2つの相が平衡状態にあるとき、その温度 T と平衡圧 P には Clausius-Clapeyron の式

$$\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta_t H}{T(V_{m,2} - V_{m,1})}$$

が成立する。この式を導出せよ。

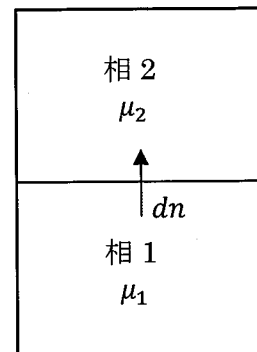
なお $\Delta_t H$ は相1から相2へのモル相転移エンタルピー、 $V_{m,1}$, $V_{m,2}$ はそれぞれ相1, 2でのモル体積である。また、平衡を保って温度を dT 、圧力を dP だけ変化させたとき、各相における化学ポテンシャルの変化を $d\mu_i$ とすると $d\mu_i = V_{m,i}dP - S_{m,i}dT$ が成立する。ここで $V_{m,i}$, $S_{m,i}$ は相 i のモル体積およびモルエントロピーである。

(c) 水の三重点の温度と圧力は 273.16 K, 610 Pa で、臨界点の温度と圧力は 647 K, 21.8 MPa である。また、0.1013 MPa において固体は 273.15 K で融解し、373.15 K で沸騰する。

(i) 水の状態図（相図）を、横軸を温度、縦軸を圧力として書け。図の目盛は正確でなくともよいが、必要な数値は書き込むこと。図中には相の名称、相を隔てる境界線の名称を書くこと。

(ii) 固相と液相の境界線の傾きの符号は水と二酸化炭素では異なる。この理由について Clausius-Clapeyron の式を用いて説明せよ。

(iii) 三重点では3つの相が平衡状態となっている。この状態が状態図上で1点であることを自由度、相の数、および成分の数を用いて説明せよ。



(次ページへ続く)

問 題

基盤理工学専攻

科目の番号

10

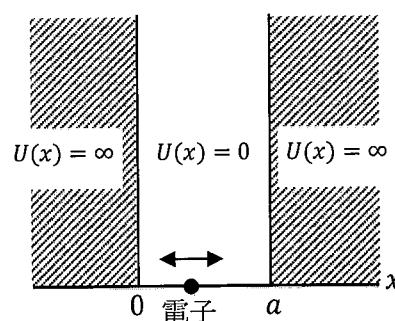
物理化学

(前ページから続く)

(2) 質量 m の電子が x 軸上を運動する場合の Schrödinger 方程式は

$$-\frac{\hbar^2}{8\pi^2m} \frac{d^2\Psi(x)}{dx^2} + U(x)\Psi(x) = E\Psi(x)$$

である。ここで、 $\Psi(x)$ は波動関数、 \hbar はプランク定数、 $U(x)$ はポテンシャル、 E は電子のエネルギーである。右図のように、ポテンシャルが、 $0 < x < a$ では $U(x) = 0$ 、それ以外では $U(x) = \infty$ となる井戸型ポテンシャルに閉じ込められた電子について、以下の間に答えよ。



(a) 電子の波動関数 $\Psi(x)$ を Schrödinger 方程式から求めたい。なお、 $U(x) = 0$ のときの一般解の 1 つは

$$\Psi(x) = A \sin(kx) \quad (A \text{ は定数}) \text{ と書ける。}$$

- (i) この解が Schrödinger 方程式を満足するためには k はどのような関係式となるか。
- (ii) 境界条件からは k はどのような値となる必要があるか、量子数 n を用いて表せ。
- (iii) $\Psi(x)$ が電子 1 個に相当する波動関数であるためにはどのような条件が必要か。
- (iv) 量子数 n に対応する電子のエネルギー E_n は次式で表される。この関係式を導出せよ。

$$E_n = \frac{\hbar^2 n^2}{8ma^2}$$

(b) 1,3,5-ヘキサトリエン ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$) に、ある波長 λ の光を照射すると、基底状態から第一励起状態へ遷移する。(iv) の式を参考にして、この光の波長 λ を算出する式を導出せよ。ただし、分子全体を長さ a の直線と近似し、この長さの共役二重結合内で 6 つの π 電子は自由に運動して、Pauli の排他律に従うものとする。また、光速度を c とせよ。

純物質：pure material, 相平衡：phase equilibrium, ギブズエネルギー：Gibbs free energy, 化学ポテンシャル：chemical potential, モル相転移エンタルピー：molar phase transition enthalpy, モル体積：molar volume, モルエントロピー：molar entropy, 三重点：triple point, 臨界点：critical point, 状態図：phase diagram, 境界線：boundary, 固相：solid phase, 液相：liquid phase, 自由度：degree of freedom, 波動関数：wave function, プランク定数：Planck constant, ポテンシャル：potential, 井戸型ポテンシャル：infinite potential well, 波長：wavelength, 基底状態：ground state, 第一励起状態：first excited state, 共役二重結合：conjugated double bond, Pauli の排他律：Pauli's exclusion principle

問 題

基盤理工学専攻

科目の番号

11

細胞・神経生物学

(1) 細胞の構造・機能について、以下の問に答えよ。

(a) 以下の文にはいずれも誤りがある。誤りの部分を正せ。

- (i) 細菌細胞の DNA は核の中にある。
- (ii) ミトコンドリアのすべてのタンパク質は、ミトコンドリア DNA によってコードされている。
- (iii) 細胞骨格は、アクチンフィラメント、中間径フィラメント、微小管の3種類の線維で構築されており、核ラミナは微小管によって形成されている。

(b) コロナウイルスは一本鎖 RNA ウイルスであり、スパイクタンパク質を持つ。このウイルスが、どのように宿主細胞に侵入し、増殖するか、以下の語句をすべて用いて説明せよ。
受容体、エンドサイトーシス、翻訳、放出

(c) 細胞膜は脂質二重層であり、主にリン脂質によって構成されている。リン脂質のどのような分子構造と性質が、脂質二重層の形成を可能としているのか、説明せよ。

(2) 細胞のシグナル伝達について、以下の問に答えよ。

(a) 細胞間のシグナル伝達には、内分泌型、パラクリン型、神経型、接触型がある。それぞれ1, 2行程度で説明せよ。

(b) 細胞が分泌したシグナル伝達分子が、分泌した細胞自身に作用するシグナル伝達の名称を述べ、その具体例を1つ挙げよ。

(c) アドレナリンによる細胞内シグナル伝達のしくみと生理的応答を、標的組織を1つ挙げて説明せよ。

(次ページに続く)

問 題

基盤理工学専攻

科目の番号

11

細胞・神経生物学

(前ページから続く)

(3) 神経細胞および骨格筋細胞に関する以下の問に答えよ。

- (a) 図1は神経細胞における活動電位を模式的に表した図である。膜電位の(i)急激な上昇、(ii)急激な低下、および(iii)その後の静止電位への復帰が起きるメカニズムについて、それぞれ関与するイオンチャネルとその状態を明示して説明せよ。

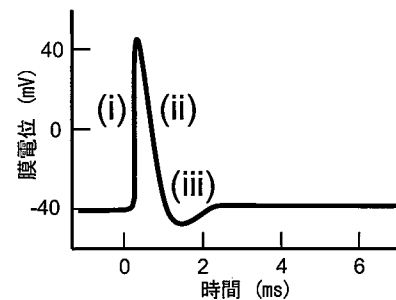


図1

- (b) 神経機能の理解は、パッチクランプ法を用いた研究によって飛躍的に進んだ。パッチクランプ法とはどのような方法か1, 2行程度で述べよ。
- (c) シナプス間隙には、アセチルコリンエステラーゼが存在している。この酵素が触媒する反応と存在する理由を述べよ。
- (d) 骨格筋細胞は細胞質内 Ca^{2+} 濃度が増加することによって収縮を開始する。しかしながら、収縮を継続すると、張力を維持できなくなる。この張力が維持できなくなる原因について、 Ca^{2+} 濃度制御の側面から説明せよ。

細胞：cell, 細菌細胞：bacterial cell, 核：nucleus, ミトコンドリア：mitochondrion, タンパク質：protein, 細胞骨格：cytoskeleton, アクチンフィラメント：actin filament, 中間径フィラメント：intermediate filament, 微小管：microtubule, 核ラミナ：nuclear lamina, コロナウイルス：coronavirus, 一本鎖：single strand, スパイクタンパク質：spike protein, 宿主細胞：host cell, 増殖：proliferation, 受容体：receptor, エンドサイトーシス：endocytosis, 翻訳：translation, 細胞膜：plasma membrane, 脂質二重層：lipid bilayer, リン脂質：phospholipid, シグナル伝達：signaling, 内分泌型：endocrine, パラクリン型：paracrine, 神経型：synaptic, 接触型：juxtacrine, 分泌：secretion, アドレナリン：adrenaline (epinephrine), 細胞内：intracellular, 組織：tissue, 神経細胞：neuron, 骨格筋細胞：skeletal muscle cell, 活動電位：action potential, 膜電位：membrane potential, 静止電位：resting potential, イオンチャネル：ion channel, パッチクランプ：patch clamp, シナプス間隙：synaptic cleft, アセチルコリンエステラーゼ：acetylcholinesterase, 酵素：enzyme, 細胞質内 Ca^{2+} 濃度：cytoplasmic calcium ion concentration, 収縮：contraction, 張力：tension