広島大学大学院先進理工系科学研究科理工学融合プログラム

受験番号

受 験 番 号 Examinee's Number							
M							

問題用紙　　専門科目　　[一般選抜]

Question Sheet　Specialized Subject　General Selection

問題１～５の中から４つを選択して問に答えよ．選択した問題番号は必ず記入すること．
Choose the four problems in Problem 1-5 and answer them. Write the problem number which you choose.

[redacted]

以下の $\boxed{}$ に適当な語句を入れなさい．
Enter the appropriate phrase in the following $\boxed{}$.

設問(2)で求めた式を用いて，$G(x_1, x_2)$ を反復法により求める．ヤコビの方法では，n+1 ステップ目の $G(x_1, x_2)$ を n ステップ目の $G(x_1+\Delta, x_2), G(x_1-\Delta, x_2), G(x_1, x_2+\Delta), G(x_1, x_2-\Delta)$ から求める．ガウス・ザイデルの方法では，n+1 ステップ目の $G(x_1, x_2)$ を n ステップ目の $\boxed{\quad (3) \quad}$ と n+1 ステップ目の $\boxed{\quad (4) \quad}$ から求める．

Using the equation obtained at (2), we calculate $G(x_1, x_2)$ by iteration. In Jacob's method $G(x_1, x_2)$ at the n+1th step is calculated from $G(x_1+\Delta, x_2), G(x_1-\Delta, x_2), G(x_1, x_2+\Delta), G(x_1, x_2-\Delta)$ [redacted]

広島大学大学院先進理工系科学研究科理工学融合プログラム
（環境自然科学分野）（博士課程前期）入学試験（令和３年８月実施）
Transdisciplinary Science and Engineering Program
(Environmental and Natural Sciences),
Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University
Entrance Examination (August 2021)

受験番号 Examinee's Number							
M							

Question Sheet　Specialized Subject　General Selection

問題１～５の中から４つを選択して問に答えよ．選択した問題番号は必ず記入すること．
Choose the four problems in Problem 1-5 and answer them. Write the problem number which you choose.

問題２ 次の問題に答えよ．
Problem 2. Please answer the following problems.

(a) 壺の中には白玉５個，赤玉８個が入っている．この中から４個の玉を無作為に取り出すとき，白玉が２個である確率を求めよ．
A jar contains 5 white balls and 8 red balls. When randomly draw 4 balls from this, find the probability of 2 white balls.

(b) 連続型確率変数Xの確率密度関数$f(x)$が次の式で与えられたとき，

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x} & (x > 0) \\ 0 & (otherwise) \end{cases}, \quad \text{where } \lambda > 0$$

この分布の期待値$E[X]$，及び分散$V[X]$を求めよ．
A continuous random variable is X, and the probability density function of this distribution is given by the

(c) 連続型確率変数Xの確率密度関数$f(x)$が次の式で与えられたとき，

$$f(x) = \begin{cases} \dfrac{1}{b-a} & (b > x > a) \\ 0 & (otherwise) \end{cases}$$

この分布の期待値$E[X]$，及び分散$V[X]$を求めよ．
A continuous random variable is X, and the probability density function of this distribution is given by the following equation:

$$f(x) = \begin{cases} \dfrac{1}{b-a} & (b > x > a) \\ 0 & (otherwise) \end{cases}.$$

Find expected value $E[X]$, and variance $V[X]$ in this distribution.

広島大学大学院先進理工系科学研究科理工学融合プログラム
（環境自然科学分野）（博士課程前期）入学試験（令和３年８月実施）
Transdisciplinary Science and Engineering Program
(Environmental and Natural Sciences),
Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University
Entrance Examination (August 2021)

受験番号 Examinee's Number
M

問題用紙　　専門科目　　[一般選抜]

Question Sheet　　Specialized Subject　　General Selection

問題１～５の中から４つを選択して問に答えよ．選択した問題番号は必ず記入すること．
Choose the four problems in Problem 1-5 and answer them. Write the problem number which you choose.

問題 3 次の問題に答えよ.

Problem 3. Please answer the following problems.

コロナ禍の中で，テレワークやオンライン会議などの活用が急速に進んできた．また，自宅での自粛の影響により携帯ゲーム機やネット TV の需要が高まっている．

(a) こうした背景の中，ポストコロナにおいて，オンライン教育やテレワークはどのように変化すると考えるのか，例を示して自分の意見を 200 字以上で述べよ．

(b) 次に，今後 TV 視聴の形態はネット TV も含めてどのように変化すると考えるか，自分の意見を 200 字以上で述べよ．

In the ``COVID-19 pandemic", the utilization of telework, online meetings and so on has progressed rapidly. In addition, demand for mobile game machines and Internet TVs is increasing due to the influence of self-restraint at home.

(a) Against this background, describe what you consider online education and telework in post-corona. In addition, describe your opinion using examples in more than 100 words.

(b) Next, describe how the TV-viewing style (including Internet TV) will change in the future in more than 100

広島大学大学院先進理工系科学研究科理工学融合プログラム
（環境自然科学分野）（博士課程前期）入学試験（令和３年８月実施）
Transdisciplinary Science and Engineering Program

受 験 番 号 Examinee's Number
M

[redacted]

(Environmental and Natural Sciences),
Graduate School of Advanced Science and Engineering（Master's Course）, Hiroshima University

[redacted]

問題用紙　　専門科目　　[一般選抜]
Question Sheet　　Specialized Subject　　General Selection

問題１～５の中から４つを選択して問に答えよ．選択した問題番号は必ず記入すること．
Choose the four problems in Problem 1-5 and answer them. Write the problem number which you choose.

問題４ 次の問題に答えよ．

Problem 4. Please answer the following problems.

(a) ハフマン符号化方法は次のように示される．
　(1) 各情報源記号に対応する葉を作る．
　(2) 確率のもっとも小さい２枚の葉に対し，一つの節点を作り，その節点とこの２枚の葉を枝で結ぶ．この２本の枝の一方には`0'，他方には`1' を割り当てる．更

one node and connect these two leaves with a branch to that node. We assign '0' and '1' to one side branch and the other respectively. Furthermore, we consider this node to be a leaf which has the sum of the probability of two new leaves.

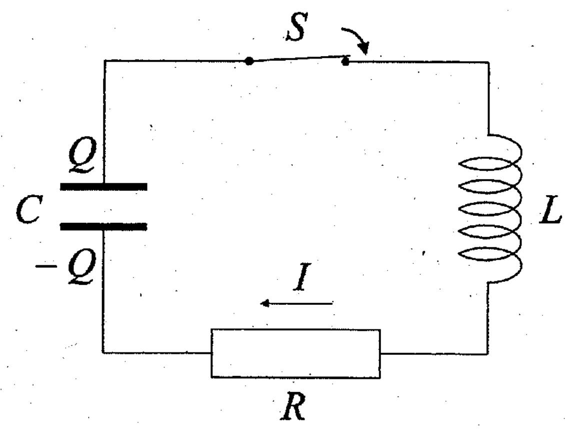
広島大学大学院先進理工系科学研究科理工学融合プログラム
（環境自然科学分野）（博士課程前期）入学試験（令和３年８月実施）
Transdisciplinary Science and Engineering Program (Environmental and Natural Sciences),
Graduate School of Advanced Science and Engineering（Master's Course), Hiroshima University
Entrance Examination (August 2021)

受 験 番 号
Examinee's Number
M

問題用紙　　専門科目　　[一般選抜]
Question Sheet　　Specialized Subject　　General Selection

問題１

図に示すように、電気容量Cのキャパシタ、電気抵抗Rの抵抗器、自己誘導係数Lのインダクタが直列に接続された回路がある。Cには電荷$Q, -Q$が存在し、電位差Vが生じている。時刻$t=0$でスイッチＳを閉じると回路に電流Iが流れた。以下の各問いに答えよ。



（１）電気容量Cの極板間には空間が存在するにも関わらず、回路に電流が流れるのはなぜか。

（２）この回路においてVの満たす微分方程式は

$$\frac{d^2V}{\ } + \frac{R}{\ }\frac{dV}{\ } + \frac{1}{\ }V = 0$$

[redacted]

と表される。この式を、以下の２通りの方法で導け。

（２－１）インダクタに生じる誘導起電力と抵抗器での電圧降下を考慮する。

（２－２）キャパシタの電場エネルギーとインダクタの磁場エネルギーが抵抗器を通してジュール熱として散逸する。

（３）時間を経るとキャパシタの電荷が放電して$V=0$となるが、その状態に至る過渡現象を考える。上の微分方程式における、Vの解として$V = Ae^{-\gamma t}\cos\omega t$ を考える。A、γ、ωは定数とする。これを上式に代入して整理し、任意の時刻で成り立つ条件から、

$$\gamma = \frac{R}{2L}、および、\omega^2 = \frac{1}{LC} - \gamma^2$$

となることを示せ。

広島大学大学院先進理工系科学研究科理工学融合プログラム
（環境自然科学分野）（博士課程前期）入学試験（令和３年８月実施）
Transdisciplinary Science and Engineering Program (Environmental and Natural Sciences),
Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University
Entrance Examination (August 2021)

受験番号 Examinee's Number
M

問題用紙 専門科目 [一般選抜]
Question Sheet Specialized Subject General Selection

（４）これらの定数γ、ωが、(i) $\gamma = 0$、(ii) $\omega = 0$、(iii) ($\gamma \neq 0$、$\omega^2 > 0$)、となるとき、それぞれの現象の物理的な特徴を述べよ。これら３つの場合についてVの時間変化の概略をそれぞれ図示せよ。

（５）上記の微分方程式と同じ形式をもつ力学的な振動現象について記し、両者を対比させながら議論せよ。

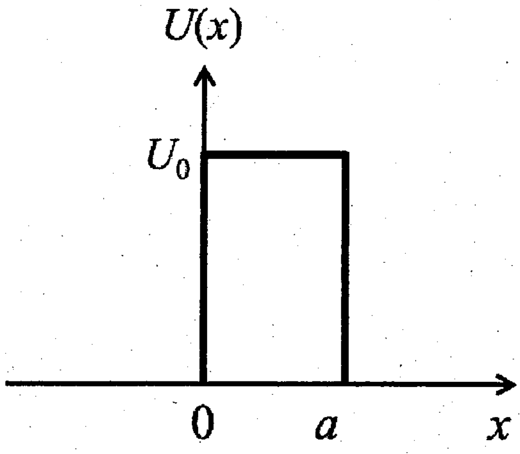
受験番号 Examinee's Number
M

問題用紙　専門科目　[一般選抜]
Question Sheet　Specialized Subject　General Selection

問題２

図に示すような幅a、高さ$U_0(>0)$のポテンシャル障壁がある。

$$U(x)=\begin{cases} 0 & (x<0) \\ U_0\ \text{（正定数）} & (0\le x\le a) \\ 0 & (x>a) \end{cases}$$



このポテンシャル障壁に $x<0$ の領域からエネルギーEで入射する質量 m の粒子を考える。領域Ｉ ($x<0$)、II ($0\le x\le a$)、III ($x>a$)における波動関数を、それぞれ$\psi_{\mathrm{I}}(x)$、$\psi_{\mathrm{II}}(x)$、$\psi_{\mathrm{III}}(x)$とする。以下の各問いに答えよ。

（１）領域Ｉにおけるシュレーディンガー方程式は次のように書ける。

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2\psi_{\mathrm{I}}(x)}{dx^2}=E\psi_{\mathrm{I}}(x) \qquad (x<0)$$

ここで、$\hbar=h/2\pi$であり、hはプランク定数である。
領域 II 、III におけるシュレーディンガー方程式を書け。

（２）以下では$0<E<U_0$を考えよう。一般に、$\psi_{\mathrm{I}}(x)$、$\psi_{\mathrm{II}}(x)$、$\psi_{\mathrm{III}}(x)$は次のように書ける。

$$\psi_{\mathrm{I}}(x)=Ae^{i\eta x}+Be^{-i\eta x}$$
$$\psi_{\mathrm{II}}(x)=Ce^{\kappa x}+De^{-\kappa x}$$
$$\psi_{\mathrm{III}}(x)=Fe^{i\eta x}$$

（A、B、C、D、Fは定数）

各項の物理的意味を述べよ。また、係数$\eta(>0)$、$\kappa(>0)$を求めよ。

広島大学大学院先進理工系科学研究科理工学融合プログラム
（環境自然科学分野）（博士課程前期）入学試験（令和３年８月実施）
Transdisciplinary Science and Engineering Program (Environmental and Natural Sciences),
Graduate School of Advanced Science and Engineering（Master's Course）, Hiroshima University

受 験 番 号 Examinee's Number							
M							

[redacted]

問題用紙 　　専門科目 　　[一般選抜]
Question Sheet 　　Specialized Subject 　　General Selection

（３）$x = 0$、aにおいて波動関数とその１次導関数は連続でなければならない。

これらの条件（境界条件）を表す式をそれぞれ書け。

（４）振幅比$\frac{F}{A}$が、

$$\frac{F}{A} = \frac{\left\{(1+\frac{i\eta}{\kappa})^2 - (1-\frac{i\eta}{\kappa})^2\right\}}{\left\{(1+\frac{i\eta}{\kappa})^2 e^{-\kappa a} - (1-\frac{i\eta}{\kappa})^2 e^{\kappa a}\right\} e^{i\eta a}}$$

となることを示せ。

（５）粒子の透過係数は$T = \left|\frac{F}{A}\right|^2 = (\frac{F}{A})(\frac{F}{A})^*$(*は複素共役を表す)で与えられる。$U_0$が$E$に比べて十分大き

[redacted]

広島大学大学院先進理工系科学研究科理工学融合プログラム
（環境自然科学分野）（博士課程前期）入学試験（令和３年８月実施）
Transdisciplinary Science and Engineering Program (Environmental and Natural Sciences),
Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University
Entrance Examination (August 2021)

受験番号 Examinee's Number							
M							

問題用紙　専門科目　[一般選抜]
Question Sheet　Specialized Subject　General Selection

問題３

N 個の粒子からなる系を考える。粒子系全体の状態は、１粒子の量子状態$1,2,\cdots,i,\cdots$のそれぞれに存在する粒子数n_iを指定して定めることができる。全粒子数は保存されるので $\sum_i n_i = N$である。１粒子の各量子状態のエネルギーを$\varepsilon_1,\varepsilon_2,\cdots,\varepsilon_i,\cdots$とすると、粒子数の組$\{n_1,n_2,\cdots,n_i,\cdots\}$に対応する系全体のエネルギーは$\sum_i n_i\,\varepsilon_i = E_j$と表される。この粒子系が温度$T$の熱浴に熱接触しているとき、各量子状態の粒子数の組$\{n_1,n_2,\cdots,n_i,\cdots\}$をとる確率は$P_j = e^{-\beta E_j}/Z$で与えられる。$Z = \sum_j e^{-\beta E_j}$は分配関数、$\beta = 1/k_B T$（$k_B$はボルツマン定数）である。この和は粒子数のあらゆる組についてとる。

いま、特定の量子状態pを占める粒子数n_pの平均値$\overline{n_p}$を計算してみよう。$\overline{n_p}$は次のように表すことができる。

$$\overline{n_p} = \frac{\sum_{n_p} n_p e^{-\beta n_p \varepsilon_p} \sum^{(p)}_{n_1 n_2 \cdots} e^{-\beta(n_1\varepsilon_1 + n_2\varepsilon_2 + \cdots)}}{\sum_{n_p} e^{-\beta n_p \varepsilon_p} \sum^{(p)}_{n_1 n_2 \cdots} e^{-\beta(n_1\varepsilon_1 + n_2\varepsilon_2 + \cdots)}}$$

記号 $\sum^{(p)}$ は状態pを除くすべての状態についての和をとることを表す。以下の各問いに答えよ。

（１） 上の$\overline{n_p}$を、P_jを用いて書くとどう表されるか。

（２）n_pが０か１しか取り得ない粒子を考える。これは$\overline{n_p}$の式において、n_p=0 ではN個の粒子についての和をとり、n_p=1 ではN-1個の粒子についての和をとることになる。これらの分配関数をそれぞれ$Z_p(N)$、$Z_p(N-1)$と記すと以下のようになる。

$$Z_p(N) = \sum^{(p)}{}_{\substack{n_1 n_2 \cdots \\ n_1+n_2+\cdots=N}} e^{-\beta(n_1\varepsilon_1 + n_2\varepsilon_2 + \cdots)} \qquad \cdots \quad n_p = 0のとき$$

$$Z_p(N-1) = \sum^{(p)}{}_{\substack{n_1 n_2 \cdots \\ n_1+n_2+\cdots=N-1}} e^{-\beta(n_1\varepsilon_1 + n_2\varepsilon_2 + \cdots)} \quad \cdots \quad n_p = 1のとき$$

このとき、$\overline{n_p}$を、$Z_p(N)$と$Z_p(N-1)$を用いて表すと次式になることを示せ。

$$\overline{n_p} = \frac{e^{-\beta\varepsilon_p} Z_p(N-1)}{Z_p(N) + e^{-\beta\varepsilon_p} Z_p(N-1)}$$

広島大学大学院先進理工系科学研究科理工学融合プログラム
（環境自然科学分野）（博士課程前期）入学試験（令和３年８月実施）
Transdisciplinary Science and Engineering Program (Environmental and Natural Sciences),
Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University
Entrance Examination (August 2021)

受 験 番 号 Examinee's Number							
M							

問題用紙　Question Sheet　　専門科目　Specialized Subject　　[一般選抜]　General Selection

（３）一般に$\delta N \ll N$のとき成り立つ近似式　$\log_e Z_p(N-\delta N) \fallingdotseq \log_e Z_p(N) - \frac{\partial \log_e Z_p(N)}{\partial N}\delta N$　において、$\delta N \fallingdotseq 1$とし、また非常に多くの状態の和をとるので、$N$に関する微分には状態$p$の有無は影響しないと考えると、$\frac{\partial \log_e Z_p(N)}{\partial N} \fallingdotseq \frac{\partial \log_e Z(N)}{\partial N} (= A)$とおくことができる。この式を用いると上式の$\overline{n_p}$は、

$$\overline{n_p} = \left[e^{\beta(\varepsilon_p - \mu)} + 1\right]^{-1}$$

となる。これを示し、μを定めよ。このμを何というか。また、この粒子の従う統計は何と呼ばれるか。

（４）さて次に、n_pが$0,1,2,\cdots$のように任意の自然数を取ることが許される場合を考える。この場合には$\varepsilon_p > \mu$として、上と同様に計算すると$\overline{n_p}$は次のようになる。

$$\overline{n_p} = \frac{\sum_{n_p=0}^{\infty} n_p e^{-n_p\beta(\varepsilon_p-\mu)}}{\sum_{n_p=0}^{\infty} e^{-n_p\beta(\varepsilon_p-\mu)}}$$

この式は、

$$\overline{n_p} = \left[e^{\beta(\varepsilon_p - \mu)} - 1\right]^{-1}$$

となることを示せ。(級数の公式 $\sum_{k=0}^{\infty} x^k = \frac{1}{1-x}$　$(|x|<1)$を用いて良い)。この粒子の従う統計は何と呼[redacted]

（５）上で求めた$\overline{n_p}$はいずれも、高温かつ$\beta(\varepsilon_p - \mu) \gg 1$のときには、$\overline{n_p} = e^{-\beta(\varepsilon_p-\mu)}$となることを示せ。
[redacted]