

2017年7月9日

物理学及応用物理学専攻の受験生の皆さん

大学院入試世話人

1. 面接試験日に口述試験を行います。本専攻では口述試験の成績を筆記試験の成績に加えて、合否判定を行います。
2. この書類は上述の口述試験に関する資料です。各部門（研究室）の課題あるいは口述試験のテーマが記載されています。

2017 年度 9 月入学・2018 年度 4 月入学
 大学院先進理工学研究科物理学及応用物理学専攻
 修士課程入学試験 口述試験問題

◎ 数理物理学部門

関数解析学における基礎事項及びこれに関連する事項について試問する。

例 (キーワード)

- ・ ノルム空間, Banach 空間, Hilbert 空間, ℓ^p 空間, L^p 空間, Sobolev 空間。
- ・ 汎関数, Hahn-Banach の定理, 共役空間, 第二共役空間, 弱位相, 汎弱 (weak star) 位相, 回帰性, 一様凸性。
- ・ 線形作用素, 連続作用素, 閉作用素, 完全連続作用素, 自己共役作用素, 閉グラフ定理, 一様有界性定理, Fredholm の交替定理。
- ・ 関数解析学の偏微分方程式への応用。

◎ Mathematical Physics

Examinees are interviewed on the fundamental knowledge about Functional Analysis and its related topics.

Examples (key words)

- ・ Normed linear space, Banach space, Hilbert space, ℓ^p -space, L^p -space, Sobolev-space.
- ・ Functional, the Hahn-Banach theorem, dual space, bi-dual space, weak topology, weak-star topology, reflexive or uniformly convex Banach space.
- ・ Linear operator, continuous operator, closed operator, completely continuous operator, closed graph theorem, uniform boundedness theorem, Fredholm's alternative theorem.
- ・ Applications of Functional Analysis to Partial Differential Equations .

◎ 原子核・素粒子理論部門

下記の点に関して質問する。

- 1) 筆記試験出題内容
- 2) 基礎物理学の基本的内容

◎ Theory of Particles and Fields and Foundation of Quantum Mechanics

The following issues will be asked at the oral examination.

- 1) contents of the written examination
- 2) fundamentals of elementary physics

◎ 素粒子・放射線実験部門

以下の3つの設問のうち、一問を選択して解答すること。

1. 放射線物理，放射線化学等の研究において，加速器はきわめて重要な役割を果たしている。加速器には大きく分けて静電型加速器と高周波加速器があるが特に高周波加速器の特徴について説明し，装置の実例をひとつ挙げて，そのハードウェアの概要，応用分野を説明せよ。さらにその応用の詳細をその説明した分野から一つ選び，加速器がどのような役割を果たしているかを説明せよ。
2. 現在の加速器を用いたエネルギーフロンティア素粒子実験は，大別すると，陽子などを衝突させるハドロンコライダーと電子などを衝突させるレプトンコライダーに分けることができる。それぞれの加速器実験の利点，欠点をあげ，どのような物理目的に適しているかをできるだけ具体的に説明せよ。また，加速器実験の衝突点に置かれる複合型検出器に関して，その代表的な構造を説明し，電子，ミュー粒子，光子，ハドロン，ニュートリノが実験上，どのように同定，区別されるか説明せよ。
3. X線・ガンマ線をはじめとする放射線計測は，農業・工業・医療や宇宙科学にいたるまで幅広い応用をもつ重要な技術である。X線・ガンマ線と物質の相互作用について説明し，どのような検出器が用いられるか実例をあげ，それぞれの長所・短所について説明しなさい。特にこれらを宇宙実験（人工衛星や気球，宇宙ステーション等）に供する場合，地上実験とは異なる工夫・想定される問題と対策について議論しなさい。

◎ Particle and Applied Radiation Physics

Select and answer the one theme from the following three.

1. Various kinds of accelerators have been playing very important roles in the research field on radiation physics and radiation chemistry for a long time. There are mainly two types of

accelerators, such as DC and RF accelerations.

- 1) Describe the features on RF accelerators. Then, describe the outline of hard wares for selected one of the typical machines including the application field of the machine.
- 2) Describe the roles of the accelerator, in the view points of advantages for the selected application.

2. In modern high energy particle physics, (accelerator-based) experimental approach can be classified into two types of collider experiments. One is a hadron-collider (such as proton-antiproton collision), the other is a lepton collider (e.g. e-e+ collider).

- 1) Describe merits/demerits and also what kind of physics is suitable for each type of collider experiments. At the collision point, a combined detector is generally located to detect particles produced by the collisions.
- 2) Describe a typical structure of such detectors and describe how particle identifications (for electron, muon, photon, hadron and neutrino) are experimentally performed.

3. Precise measurements of radiation, including X-ray and gamma-ray, is a key technology in various fields of human life, such as in the agriculture, industry, medicine, and even in the space science.

- 1) Describe the interaction of photons (in our case, X-ray and gamma-rays) in matter.
- 2) Describe merits and demerits of various radiation detectors in the physics experiments.
- 3) Also discuss possible difficulties/problems of detectors supposed to be used in the space experiments (e.g., satellites, balloon-borne experiments, and space station) and your remedy.

◎ 宇宙物理学部門

以下の課題について口頭試問を行う。[] に記されているのは対象となる研究室名である。

[前田, 山田]

物理学全般 (力学, 電磁気学, 量子力学, 熱統計力学, 相対性理論, 連続体の力学など) に関する基礎的事項と基本的問題。

[鳥居, 長谷部]

シンチレータから放出される光の主成分は, 簡単な指数関数でよく近似できる。

この光を光電子増倍管で計測するとき, 陽極に達する電子による電流の実際的なモデルは次式で表すことができる。

$$i(t) = i_0 e^{-\lambda t}$$

ここで, λ はシンチレータの減数定数である。ただし, 光電子増倍管内の電子走行時間の広がりや光の減衰時間に比べて無視できるほど小さいとする。

このとき以下の問いに答えよ。

- (1) 放出された光によって, 光電子増倍管に収集される全電荷量を Q としたときの i_0 の値。
- (2) 光電子増倍管の陽極回路を, 等価 RC 並列回路で表したとき, 陽極における電圧パルス $V(t)$ と $i(t)$ の関係を与える微分方程式。ただし, この回路の抵抗値を R , 電気容量は C とする。
- (3) この微分方程式を初期条件 $V(0) = 0$ で解いたときの $V(t)$ の解。
- (4) 時定数が大きい場合 ($\lambda > 1/RC$) の電圧の波高値。
- (5) 時定数が小さい場合 ($\lambda < 1/RC$) の電圧の波高値。

◎ Astrophysics and Cosmology

Examinees are required to solve problems concerning the subjects given below and answer associated questions in the interview. Shown in the brackets [] at each item are the laboratories that it is meant for.

[Maeda, Yamada]

Fundamentals of physics (classical mechanics, electromagnetism, quantum mechanics, thermodynamics/statistical mechanics, relativity and continuum mechanics).

[Torii, Hasebe]

As a usual method to find an energy deposition in scintillators, the photo-multiplier tube (PMT) is

used to detect the lights emitted from the scintillators. The principal component of emitted light from most scintillators can be adequately represented as a simple exponential decay. If the spread in transit time of the PMT is small compared with this decay time, then the realistic model of the electron current arriving at the PMT anode is simply

$$i(t) = i_0 e^{-\lambda t}$$

where λ is the scintillator decay constant.

- (1) Find the current at $t = 0$, i_0 , when the total charge collected in the PMT by emitted light is Q .
- (2) A PMT anode circuit is simply represented by parallel RC circuit, where R is the resistance, and C is the capacitance. Derive the differential equation describing the relation between the voltage pulse, $V(t)$, and $i(t)$ at the anode.
- (3) Obtain the solution, $V(t)$, by solving the above differential equation with initial condition $V(0) = 0$.
- (4) Find the peak value of the voltage when the decay constant, λ , is significantly larger than $1/RC$.
- (5) Find the peak value of the voltage when the decay constant, λ , is significantly smaller than $1/RC$.

◎ 物性理論部門

数学(常微分方程式, 偏微分方程式, 確率及び確率過程), 力学, 連続体の力学, 熱・統計力学(気体分子運動論を含む), 電磁気学, 量子力学分野に関する問題を1題選択の上, その問題について試問を行う。

◎ Theory of Condensed Matter Physics

Each candidate is asked to solve one problem chosen by the interviewers from the following fields.

- Mathematical physics (differential equations, probability, stochastic process)
- Mechanics and analytical mechanics

- Mechanics of continuum media
- Thermodynamics and statistical mechanics (including kinetic theory)
- Electromagnetism
- Quantum mechanics

◎ 凝縮系物理学部門

1. 筆記試験問題の出題内容について質問を行う。
2. キittelの「固体物理学入門」の第1章と第2章で扱われている物理の内容に関連した質問を行う。

◎ Condensed-Matter Physics

As the oral exam, you are asked questions about the following issues:

1. The problems and answers in the written exams that you chose.
2. The whole contents in Chapters 1 and 2 in “Introduction to Solid State Physics” by Charles Kittel (Wiley & Sons Inc.).

◎ 生物物理学部門

下記の点に関して質問する。

- 1) 筆記試験出題内容
- 2) 生物物理に関する基本的内容

◎ Biophysics

At the interview, several fundamental items concerning Biophysics, which are not announced in advance, will be asked.

◎ 情報・物理工学部門

以下の1~4の中から志望研究室に該当する1題を選択して答えよ。解答にあたってはプロジェクターを使用できるがPCは持参すること。配布資料を用意する場合は3部を必要とする。プレゼンは10分程度を目安とし、その後質疑応答を行う。

1. [小松]

次の項目群から1つを選択し、その原理・特長・応用(または具体例)について、説明しなさい。(a)レーザー (b)ホログラフィー (c)光変調器 (d)補償光学 (e)光コンピューティング (f)ファイバーブラッグ格子 (g)ブラインド・デコンボリューション (h)超解像

2. [竹内]

n型半導体のキャリアのエネルギー分布について、状態密度とフェルミ・ディラック分布を用いて説明せよ。また、pn接合の整流特性を物理的に説明せよ。

3. [森島]

フーリエ級数、フーリエ変換、離散フーリエ変換、FFT、Z変換の内容に関して概要を定性的に説明せよ。特に、それぞれの相互関係、違いについて簡潔にまとめよ。

4. [青木]

次の項目から1つを選び、説明せよ。

- (a) 光の量子性
- (b) 微小光共振器
- (c) ナノ光ファイバー
- (d) 原子のレーザー冷却

5.[澤田]

(a) アナログ原信号、標本化信号、復元信号のスペクトルの例を示し、標本化定理と信号の量子化について説明せよ。

(b) 機械学習について、アルゴリズムの一例を挙げて説明し、その有効性と応用について述べよ。

© Physics-Based Engineering: Informatics, Photonics and Image Science

Answer a question corresponding to the laboratory of your choice in the following list. The presentation time is about 15 minutes, including discussion. Projector is available. Please bring your presentation on your own laptop computer. You may bring 3 copies of your presentation

material.

1. [Komatsu]

Select one of the following items and explain its principle, advantage and applications (or specific examples).

- (a) Laser
- (b) Holography
- (c) Light Modulator
- (d) Adaptive Optics
- (e) Optical Computing
- (f) Fiber Bragg Grating
- (g) Blind Deconvolution
- (h) Super Resolution

2. [Takeuchi]

Show the energy and carrier distributions in n-type semiconductor using Fermi-Dirac distribution and the density of states. Show the physics of current rectification of a pn-junction.

3. [Morishima]

Explain the brief summary about Fourier series, Fourier transform, discrete Fourier transform (DFT), fast Fourier transform (FFT) and z transformation qualitatively including the relation and difference between each other.

4. [Aoki]

Explain one of the following terms.

- (a) quantumness of light
- (b) optical microresonators
- (c) optical nanofibers
- (d) laser cooling of atoms

5. [Sawada]

(a) Explain the sampling theorem and the quantization by showing the examples of an original analog signal, sampled signal and the spectrum of restored signal.

(b) Explain the machine learning by showing an example of its algorithm, and give the prospects for effectiveness and applications.