

## 物理学及応用物理学専攻の口述試験について

1. 面接選考の中で口述試験を実施する。本専攻では口述試験の成績を筆記試験の成績に加えて、合否判定を行う。
2. 次ページ以降で、各部門（研究室）の口述試験について説明する。

2024 年度 9 月入学・2025 年度 4 月入学  
早稲田大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

◎ 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,  $\ell^p$  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,  $\ell^p$ -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

◎ Theoretical Nuclear and Particle Physics

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2つの設問のうち、どちらか一問を選択して解答すること。

1. 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。
2. X線・ガンマ線をはじめとする放射線計測は、医療・産業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。
  - (1) X線・ガンマ線が物質と起こす相互作用について説明しなさい。
  - (2) 医療診断もしくは宇宙観測で用いられるX線・ガンマ線イメージング装置の例を一つ上げ、可視化の原理を説明しなさい。

◎ Particle and Applied Radiation Physics

Select and answer the one theme from the following two.

1. 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.

2. Radiation measurement, including X-rays and gamma rays, is an important technology with a wide range of applications in medicine, industry, and space science.

1) Explain the interactions of X-rays and gamma rays with matter.

2) Give one example of an X-ray or gamma-ray imaging system used in medical diagnostics or space observation, and explain the principle of visualization.

#### ◎ 宇宙物理学部門

以下の課題について口頭試問を行う。

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。

#### ◎ Astrophysics

Examinees are required to solve problems concerning the subjects given below and answer associated questions in the interview.

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

#### ◎ 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, 量子力学分野に関係する問題を 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。
3. 加えて、新倉研志望の場合は、アト秒科学に関する基本的な質問も行う。

#### ◎ 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.).
3. For the applicants to Niikura Lab, basic questions on attosecond science are asked in addition.

#### ◎ 生物物理学部門

下記の点に関して質問する。

- 1) 筆記試験出題内容に関連した物理学の基本的内容
- 2) 生物物理に関する基本的内容

#### ◎ Biophysics

At the interview, several questions related to the fundamental knowledge of Physics and Biophysics, which are not announced in advance, will be asked.

#### ◎ 情報・物理工学部門

以下の1～5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. [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。

2. [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。

3. [青木]

次の項目から1つを選び、説明せよ。

- (a) 光の量子性
- (b) ナノ光ファイバー
- (c) ファイバーブラッググレーティング
- (d) 原子のレーザー冷却

4. [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。

5. [北]

次の光デバイスから一つ選択し、動作原理を説明せよ。

- (a) 半導体レーザー
- (b) 半導体光検出器
- (c) 光変調器
- (d) 光ファイバー

© 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. [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.

2. [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.

3. [Aoki]

Explain one of the following terms.

- (a) quantumness of light
- (b) optical nanofibers
- (c) fiber Bragg gratings
- (d) laser cooling of atoms

4. [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.

5. [Kita]

Explain one of the following photonic devices.

- (a) Semiconductor laser
- (b) Semiconductor photo-detector
- (c) Optical modulator
- (d) Optical fiber

以上