

## Harmonogram postępowania rekrutacyjnego i zakres egzaminów

### Harmonogram postępowania rekrutacyjnego:

<p><b>Nabór wniosków:</b></p>	<p><b>1. Poczta tradycyjna</b> – na adres: Krakowska Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska, Instytut Fizyki Jądrowej PAN, ul. Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków <b>w dniu 02.02.2023 r.</b></p> <p><b>2. ePUAP</b> – w dniu <b>02.02.2023 r.</b>, oryginały dokumentów przesłanych przez ePUAP należy przedstawić w sekretariacie KISD w celu potwierdzenia zgodności z oryginałem, najpóźniej do dnia egzaminu kwalifikacyjnego. Instrukcja składania wniosków przez ePUAP.</p> <p><b>3. Osobiście</b> – w siedzibie Instytutu Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego PAN przy ul. Radzikowskiego 152 w Krakowie w Sekretariacie Krakowskiej Interdyscyplinarnej Szkoły Doktorskiej (bud. 5, parter, pok. 5224) w dniach: <b>w dniu 02.02.2023 r.</b> <b>w godzinach 9.00 – 14.00.</b></p>
<p><b>Weryfikacja wniosków pod względem formalnym:</b></p>	<p><b>do 09.02.2023 r.</b></p>
<p><b>Publikacja szczegółowego harmonogramu egzaminu kierunkowego:</b></p>	<p><b>do 09.02.2023 r.</b></p>
<p><b>Publikacja list rankingowych:</b></p>	<p><b>do 10.02.2023 r.</b></p>
<p><b>Publikacja listy doktorantów:</b></p>	<p><b>do 10.02.2023 r.</b></p>
<p><b>Termin na złożenie oświadczenia o niepodjęciu kształcenia w innej szkole doktorskiej:</b></p>	<p><b>do 17.02.2023 r.</b> <b>godz.14.00</b></p>
<p><b>Ogłoszenie rekrutacji uzupełniającej:</b></p>	<p><b>do 30.04.2023 r.</b></p>

## Zakres egzaminów:

### Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego PAN:

forma egzaminu kierunkowego: **egzamin ustny**/prezentacja Kandydata\*  
form of the examination: oral exam/ Candidate's presentation

- 2 pytania z fizyki ogólnej + 2 pytania z zakresu tematyki badawczej realizowanej w Oddziale, do którego aplikuje kandydat.
- dla kandydatów do Oddziału Fizyki Teoretycznej 4 pytania z mechaniki kwantowej.

- 2 questions in general physics + 2 questions in the field of research carried out in the Department to which the candidate is applying
- for candidates to the Theoretical Physics Department 4 questions on quantum mechanics

zakres pytań/ scope of the examination:

#### **Pytania z fizyki ogólnej/** questions from general physics:

1. Wyjaśnij jaki układ odniesienia nazywamy inercjalnym, a jaki nieinercjalnym. Podaj przykłady takich układów. Wyjaśnij występowanie siły Coriolisa na powierzchni Ziemi i podaj skutki jej działania.  
The notions and examples of inertial and non-inertial frames; explain the Coriolis force and its effects on Earth's surface.
2. Podaj prawa rządzące sprężystymi i niesprężystymi zderzeniami w ramach mechaniki klasycznej. Wyjaśnij pojęcie parametru zderzenia oraz przekroju czynnego na zderzenie.  
The conservation laws in elastic and inelastic collisions in the framework of classical mechanics; explain the notions of impact parameter and cross-section.
3. Przedyskutuj równania ruchu mechaniki klasycznej w ujęciu Lagrange'a i Hamiltona.  
Discuss equations of motion of classical mechanics in the approaches of Lagrange and Hamilton; discuss the Liouville theorem.
4. Omów równanie ruchu harmonicznego; przedyskutuj pojęcia amplitudy, okresu i częstotliwości drgań. Scharakteryzuj drgania wymuszone oscylatora harmonicznego.  
Describe the equation of harmonic motion; discuss the notions of amplitude, period and frequency of vibrations. Explain the phenomenon of forced vibrations of a harmonic oscillator.

5. Omów pojęcia momentu pędu i momentu siły. Przedstaw zasadę zachowania krętu oraz przykłady jej obowiązywania w przyrodzie.  
Describe the notions of angular momentum and torque; explain the angular momentum conservation and provide examples of its applications.
6. Podaj przykłady zachowanych wielkości fizycznych oraz odpowiadających im symetrii.  
Discuss the connection between symmetries and conserved quantities; give examples of conserved quantities and the respective symmetries.
7. Omów własności płynu idealnego, równanie jego ciągłości oraz podaj treść prawa, Bernoulliego.  
Ideal and nonideal fluids, continuity equation, Bernoulli law.
8. Omów pierwszą zasadę termodynamiki oraz pojęcia ciepła, energii wewnętrznej i ciepła właściwego.  
Describe the first law of thermodynamics and the notion of specific heat capacity.
9. Omów drugą zasadę termodynamiki oraz przedyskutuj pojęcia entropii i nieodwracalności procesu.  
Describe the second law of thermodynamics and discuss the notions of entropy and irreversibility of the process.
10. Przedyskutuj probabilistyczną definicję stanu równowagi oraz zjawisko fluktuacji. Discuss probabilistic definition of the state of equilibrium and the phenomenon of fluctuations.
11. Porównaj własności gazu doskonałego i rzeczywistego oraz przedstaw i omów równania opisujące stan tych gazów. Wyjaśnij pojęcie temperatury krytycznej.  
Compare properties of ideal and real gas and discuss their equations of state. Explain the notion of critical temperature.
12. Omów pojęcie przejścia fazowego oraz jego rodzaje. Zdefiniuj pojęcie parametru uporządkowania. Podaj i krótko scharakteryzuj przykłady znanych ci przejść fazowych.  
Describe the notion of a phase transition and its kinds; define the order parameter; give examples of phase transitions.
13. Podaj definicję temperatury oraz znane Ci skale termometryczne. Przedyskutuj rozkład prędkości cząsteczek w gazie.  
Describe the notion of temperature and define known to you temperature scales; discuss the velocity distribution of gas particles.
14. Przedstaw zasadę działania silnika cieplnego. Wyjaśnij pojęcie sprawności silnika cieplnego. Podaj przykłady różnych cykli termodynamicznych, w oparciu o które pracują silniki cieplne.  
Describe the notion of heat engine and its efficiency; give some examples of different thermodynamic cycles.

15. Omów prawa odbicia i załamania światła oraz pojęcie całkowitego wewnętrznego odbicia.  
Discuss the laws of light's reflection and refraction and the notion of a total internal refraction.
16. Omów zjawisko interferencji fal oraz zasadę superpozycji.  
Describe the phenomenon of wave interference and the superposition principle.
17. Omów zjawisko dyfrakcji fal oraz pojęcie zdolności rozdzielczej.  
Describe the phenomenon of wave diffraction and the notion of resolution.
18. Omów efekt Dopplera oraz przedstaw jego przejawy w akustyce, optyce i astrofizyce.  
Describe Doppler effect and discuss its occurrence in acoustics, optics and astrophysics.
19. Przedstaw zasadę działania lasera. Omów podstawowe typy laserów oraz podaj przykłady ich zastosowania w badaniach fizycznych.  
Explain principles of laser action; describe basic types of lasers and give examples of their applications in physics.
20. Omów zjawisko polaryzacji światła, sposoby jej uzyskiwania i pomiaru. Podaj przykłady wykorzystania polaryzacji światła w badaniach przyrody.  
Describe the phenomenon of light polarization in particular how to obtain and measure the polarization; give some examples how to exploit light polarization in research.
21. Dokonaj charakterystyki pola elektrostatycznego oraz magnetycznego oraz podaj prawa obowiązujące dla tych pól. Wyjaśnij zasadę superpozycji natężeń pól.  
Describe electrostatic and magnetic fields together with the respective physics laws; describe the superposition rule.
22. Podaj definicje oporu elektrycznego oraz prawo Ohma. Wyjaśnij od jakich wielkości fizycznych zależy opór przewodnika liniowego. Wyjaśnij pojęcia przewodności i oporu właściwego oraz gęstości prądu.  
Give the definition of electrical resistance and Ohm's law; describe the notions of conductivity, resistivity and current density.
23. Omów zjawisko indukcji elektromagnetycznej i podaj przykłady jego zastosowania. Wyjaśnij pojęcia współczynnika samoindukcji i indukcji wzajemnej.  
Describe the phenomenon of electromagnetic induction and give some examples of its applications; explain the notion of self-inductance and mutual inductance.
24. Podaj prawo Biota-Savarta oraz opis pola magnetycznego pochodzącego od prądu w przewodniku liniowym i kołowym oraz od solenoidu.  
Describe the Biot-Savart's law and give the description of magnetic field due to the current in a linear and circular conductor and due to a solenoid.

25. Scharakteryzuj paramagnetyki, diamagnetyki i ferromagnetyki.  
Characterize para- dia- and ferromagnetics.
26. Omów zjawisko rezonansu w obwodach drgających, zasadę powstawania fal elektromagnetycznych oraz wyjaśnij pojęcie prądu przesunięcia.  
Describe the phenomenon of a resonance in a LC circuit, the principles of generation of electromagnetic waves.
27. Omów równania Maxwella oraz główne cechy fal elektromagnetycznych.  
Maxwell's equations, electromagnetic waves.
28. Omów hipotezę atomowa budowy materii. Na jej podstawie przedstaw jakościowe wytłumaczenie własności ciał stałych, cieczy i gazów.  
Describe the hypothesis that matter is composed of atoms; based on it give a qualitative explanation of properties of solids, liquids and gases.
29. Dokonaj charakterystyki metali, półprzewodników i izolatorów.  
Characterize metals, semiconductors and insulators.
30. Przedyskutuj zjawisko ruchów Browna oraz jego związek z hipotezą atomowa. Discuss the phenomenon of Brown's motion and its connection with the hypothesis of atoms.
31. Przedstaw główne postulaty szczególnej teorii względności. Omów eksperyment Michelsona-Morleya oraz wynikające z niego wnioski fizyczne.  
Describe main assumptions of the specific theory of relativity and Michelson-Morley experiment.
32. Omów transformacje Galileusza i Lorentza. Podaj relatywistyczne prawo dodawania prędkości. Wyjaśnij pojęcie równoważności masy i energii.  
Describe Galileo and Lorentz transformations; give the relativistic rules of summing up the velocities; explain the notion of equivalence between matter and energy.
33. Przedyskutuj relatywistyczne skrócenie długości oraz dylatacje czasu; na czym polega paradoks bliźniąt?  
Discuss the relativistic length contraction, time dilation and twins paradox.
34. Przedyskutuj główne postulaty ogólnej teorii względności oraz najważniejsze testy doświadczalne tej teorii.  
Discuss main assumptions of the general theory of relativity and its main experimental tests
35. Omów równanie Schrodingera oraz przedyskutuj implikacje jego rozwiązania dla poziomów energetycznych atomu wodoru.  
Describe Schrodinger equation and discuss its solutions for the hydrogen atom.

36. Przedstaw zasadę nieoznaczoności Heisenberga oraz pojęcie drgań zerowych układu kwantowo-mechanicznego. Explain the Heisenberg uncertainty relations and the notion of zero-degree oscillations in a quantum system.
37. Przedstaw podstawowe idee mechaniki kwantowej na przykładzie rozpraszania cząstek na dwóch szczelinach.  
Discuss main ideas of quantum mechanics at the example of a double slit experiment.
38. Omów zjawiska fotoelektryczne i Comptona oraz dokonaj charakterystyki promieniowania ciała doskonale czarnego.  
Describe the photoeffect and characterize the spectrum of a perfect black body.
39. Scharakteryzuj zjawiska nadprzewodnictwa i nadciekłości. Podaj przykłady zachowań układów nadprzewodzących i nadciekłych oraz podstawy kwantowej interpretacji tych efektów.  
Characterize phenomena of superconductivity and superfluidity; give some examples of its properties and basics of its quantum interpretation.
40. Przedstaw główne założenia standardowej teorii Wielkiego Wybuchu wszechświata oraz najważniejsze argumenty obserwacyjne za jej słusznością.  
Give basic assumptions of a standard Big Bang cosmology and main experimental arguments in favour of it.

**Pytania dla kandydatów do Oddziału Badań Interdyscyplinarnych (NO5) / Questions for candidates for the Division of Interdisciplinary Research (NO5):**

1. Wyjaśnij pojęcie Transformaty Fouriera i omów jej zastosowanie w spektroskopii magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR), obrazowaniu magnetyczno-rezonansowym (MRI), spektroskopii w podczerwieni (FTIR) lub innej metodzie pomiarowej.  
Explain the term Fourier Transform and describe its application in nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopy, magnetic resonance imaging (MRI), Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), or other research methods.
2. Wyjaśnij pojęcie Transformaty Laplace'a i omów jej zastosowanie w analizie wyników pomiarów relaksacyjnych lub dyfuzyjnych  
Explain the term Laplace Transform and describe its application for analysis of the relaxation or diffusion data.
3. Przedstaw sposób wytwarzania, charakterystykę i właściwości promieniowania rentgenowskiego oraz charakterystycznego promieniowania X. Podaj obowiązujące reguły wyboru dla przejść dipolowych i kwadrupolowych.  
Present the production method and properties of X-rays and characteristic X-rays. Give the applicable selection rules for dipole and quadrupole transitions.

4. Dokonaj charakterystyki promieniowania jonizującego, przedstaw dwa przykłady wytwarzania tego promieniowania, wyjaśnij pojęcie średniego czasu życia dla izotopów promieniotwórczych oraz podaj jego związek z czasem połowicznego rozpadu promieniotwórczego.  
Describe properties of ionizing radiation. Give two examples how to produce such radiation. Explain what is the mean lifetime of a radioactive isotope and how it is related to its half-life.
5. Omów skutki narażenia człowieka na promieniowanie jonizujące. Dokonaj charakterystyki wielkości fizycznych związanych z ochroną radiologiczną i podaj przykłady wykorzystania promieniowania jonizującego w diagnostyce i terapii.  
Discuss medical effects and risks of exposure to ionizing radiation. Characterize physical quantities relevant for radiation protection. Give some examples of ionizing radiation application for both diagnostic and therapeutic purposes.
6. Omów ruch cząstki naładowanej w polu elektrycznym i magnetycznym. Wyjaśnij pojęcie częstości cyklotronowej. Omów zasadę działania cyklotronu, generatora typu Van de Graaff'a oraz separatora masowego.  
Describe the motion of a charged particle in the presence of electric and magnetic field. Explain cyclotron frequency term. Explain the operation principle of the following devices: 1) cyclotron 2) Van de Graaff generator 3) mass separator.
7. Podaj przykłady trzech dowolnych typów detektorów promieniowania jonizującego i omów zasadę ich działania.  
Give three examples of ionizing radiation detectors and explain how they work.
8. Wyjaśnij zjawisko jądrowego rezonansu magnetycznego i omów zastosowanie tego zjawiska w medycynie.  
Explain nuclear magnetic resonance phenomenon and describe its application in medicine.
9. Dokonaj charakterystyki promieniowania synchrotronowego, omów mechanizm jego wytwarzania, zalety i wady z punktu widzenia eksperymentu w zastosowaniach biomedycznych. Wyjaśnij różnicę pomiędzy undulatorem a wigglerem.  
Describe properties of synchrotron radiation and mechanisms of its creation. Discuss the advantages and disadvantages of this method in biomedical experiments. Explain the difference between undulator and wiggler.
10. Omów mechanizm oddziaływania neutronów z materią, wyjaśnij pojęcia neutronów termicznych, dyfrakcji i polaryzacji neutronów.  
Describe the interaction mechanism of neutrons with matter. Explain the following terms: 1) thermal neutrons 2) neutron diffraction and 3) neutron polarization.
11. Przedstaw istotę zjawiska Móssbauera i wyjaśnij jego znaczenie dla badań strukturalnych.  
Explain Móssbauer effect and its importance for structural research.



12. Omów zjawiska towarzyszące oddziaływaniom promieniowania elektromagnetycznego z materią. Podaj zależności przekroju czynnego na te zjawiska od energii promieniowania.  
Describe physical phenomena related to electromagnetic radiation interaction with matter. Describe the cross section - energy dependence for these phenomena.
13. Zaproponuj materiały jakie można wykorzystać do budowy osłon radiologicznych przed promieniowaniem różnego typu. Uzasadnij swoje propozycje.  
Propose some materials for radiological shielding for different types of ionizing radiation. Explain your choice of materials.
15. Omów podstawy fizyczne i zasadę działania spektrometru w podczerwieni oraz podaj przykłady zastosowań metody spektroskopii w podczerwieni.  
Explain physical basics, principle of operation of infrared spectrometer and present examples of application of infrared spectroscopy.
16. Omów podstawy fizyczne i zasadę działania spektrometru ramanowskiego oraz podaj przykłady zastosowań metody spektroskopii ramanowskiej.  
Explain physical basics, principle of operation of Raman spectrometer and present examples of application of Raman spectroscopy.
17. Omów podstawy fizyczne i zasadę działania mikroskopu sił atomowych oraz podaj przykłady jego zastosowań  
Explain physical basics, principle of operation of atomic force microscope and present examples of its application.
18. Omów podstawy fizyczne, zasadę działania tomografu i podaj przykłady wykorzystania tomografii komputerowej.  
Explain physical basics, principle of tomograph operation and present examples of applications of computed tomography.
19. Wskaż co najmniej trzy metody obrazowania organizmów żywych, omów ich podstawy fizyczne i porównaj je ze sobą wskazując zalety i ograniczenia.  
Describe at least three different methods used for in vivo imaging and compare them indicating advantages and limitations.
20. Wymień podstawowe elementy tomografu rezonansu magnetycznego (MRI) i omów ich rolę w procesie uzyskania obrazu.  
List the basic components of a magnetic resonance imaging (MRI) scanner and discuss their role in the imaging process.
21. Wyjaśnij zasadę działania lasera na swobodnych elektronach (FEL) i podaj przykład przynajmniej jednego jego zastosowania, niemożliwego (lub bardzo trudnego) w innych metodach badawczych.



Explain the principle of operation of the free electron laser (FEL) and give at least one example of its application, not feasible (or very difficult) in other research techniques.

22. Omów podstawy fizyczne metody spektroskopii absorpcyjnej (XAS) i emisyjnej (XES) promieniowania X. Wyjaśnij, jakie podstawowe własności atomów (i ew. ich otoczenia) można badać używając tych technik?

Describe physical basics of X-rays absorption (XAS) and emission (XES) spectroscopies. Explain, what basic properties of atoms (or possibly their surroundings) may be studied using these techniques?

23. Opisz podstawowe mechanizmy i różnice w oddziaływaniu z materią dla wiązki jonów, elektronów i promieni X penetrujących materię.

Describe the basic mechanisms and differences in the interaction with matter for a beam of ions, electrons and X rays penetrating matter.

24. Omów odkształcalność materiałów, podaj podstawowe elementy teorii odkształcalności.

Discuss the deformability of materials, and provide the basic elements of the theory of deformability.

25. Omów oddziaływania międzycząsteczkowe (elektrostatyczne jon-jon, van der Waals'a, wodorowe, siły steryczne),

Discuss intermolecular interactions (electrostatic ion-ion, van der Waals, hydrogen, steric forces).