



INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
IM. HENRYKA NIEWODNICZAŃSKIEGO
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

KISID
K R A K O W S K A
INTERDYSCYPLINARNA
SZKOŁA DOKTORSKA

Zakres egzaminów / *Scope of the examination:*

Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk
The Henryk Niewodniczański Institute of Nuclear Physics Polish Academy of Sciences

Forma egzaminu kierunkowego: **egzamin ustny** / prezentacja Kandydatki / Kandydata*

Form of the examination: oral exam / Candidate's presentation

2 pytania z fizyki ogólnej i 2 pytania z zakresu tematyki badawczej realizowanej w Oddziale/Dziale, do którego aplikuje Kandydatka / Kandydat.

2 questions in general physics and 2 questions in the field of research carried out in the Department/Division to which the Candidate is applying.

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, its occurrence, and 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 laws governing 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.

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 in nature.
6. Omów właściwości płynu idealnego, równanie jego ciągłości oraz prawo Bernoulliego. Porównaj właściwości płynu idealnego i nieidealnego.
Discuss the properties of an ideal fluid, continuity equation, and Bernoulli law. Compare properties of ideal and nonideal fluids.
7. Omów pierwszą zasadę termodynamiki oraz pojęcia ciepła, energii wewnętrznej i ciepła właściwego.
Describe the first law of thermodynamics and the concept of heat capacity, the notions of internal energy and specific heat capacity.
8. 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.
9. Porównaj własności gazu doskonałego i rzeczywistego. Omów równania opisujące stan tych gazów. Wyjaśnij pojęcie temperatury krytycznej.
Compare properties of ideal and real gas. Discuss equations describing states of ideal and real gas. Explain the notion of critical temperature.
10. Scharakteryzuj właściwości stanów skupienia materii. Omów pojęcie przejścia fazowego oraz jego rodzaje. Podaj i krótko scharakteryzuj przykłady znanych ci przejść fazowych.
Characterize properties of states of matter. Describe the notion of a phase transition and its kinds. Give and briefly describe examples of phase transitions.
11. 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.

12. 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.
13. Omów zjawisko interferencji fal oraz zasadę superpozycji.
Describe the phenomenon of wave interference and the superposition principle.
14. Omów zjawisko dyfrakcji fal oraz pojęcie zdolności rozdzielczej.
Describe the phenomenon of wave diffraction and the notion of resolution.
15. Omów efekt Dopplera oraz przedstaw jego przejawy w akustyce, optyce i astrofizyce.
Describe Doppler effect and discuss its occurrence in acoustics, optics and astrophysics.
16. 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 natural science research.
17. Dokonaj charakterystyki pola elektrostatycznego oraz magnetycznego oraz podaj prawa obowiązujące dla tych pól. Wyjaśnij zasadę superpozycji natężeń pól.
Characterize electrostatic and magnetic fields together with the respective physics laws. Describe the superposition rule.
18. Podaj definicje oporu elektrycznego oraz prawo Ohma. Wyjaśnij od jakich wielkości fizycznych zależy opór przewodnika liniowego. Wyjaśnij pojęcia przewodności i oporu właściwego.
Give the definition of electrical resistance and Ohm's law. Describe the notions of conductivity and resistivity.
19. 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.
20. Podaj prawo Biota-Savarta oraz opis pola magnetycznego pochodzącego od prądu płynącego w przewodniku liniowym i kołowym.
Describe the Biot-Savart's law and give the description of magnetic field due to the current in a linear and circular conductor.

21. 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, and explain the concept of displacement current.
22. Omów równania Maxwella oraz główne cechy fal elektromagnetycznych.
Maxwell's equations, electromagnetic waves.
23. Omów hipotezę atomową 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.
24. Przedstaw modele atomu według Thomsona, Rutherforda i Bohra.
Present the models of the atom according to Thomson, Rutherford, and Bohr.
25. Dokonaj charakterystyki metali, półprzewodników i izolatorów. Opisz mechanizmy przewodnictwa elektrycznego.
Characterize metals, semiconductors and insulators. Describe mechanisms of electric conductivity.
26. Przedstaw główne postulaty szczególnej teorii względności. Omów eksperyment Michelsona-Morleya oraz wynikające z niego wnioski fizyczne.
Describe main assumptions of the special theory of relativity and Michelson-Morley experiment.
27. 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.
28. Przedyskutuj relatywistyczne skrócenie długości oraz dylatacje czasu. Na czym polega paradoks bliźniąt?
Discuss the relativistic length contraction and time dilation. Describe the twins' paradox.
29. 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.

30. Omów równanie Schrödingera oraz przedyskutuj implikacje jego rozwiązania dla poziomów energetycznych atomu wodoru.
Describe Schrödinger equation and discuss its solutions for the energy levels in the hydrogen atom.
31. Przedstaw zasadę nieoznaczoności Heisenberga oraz pojęcie drgań zerowych układu kwantowo-mechanicznego.
Explain the Heisenberg uncertainty relations and the notion of zero-point oscillations in a quantum system.
32. Przedstaw podstawowe idee mechaniki kwantowej na przykładzie rozpraszania cząstek na dwóch szczelinach.
Discuss main ideas of quantum mechanics using the example of the double-slit experiment.
33. Omów zjawiska fotoelektryczne i Comptona oraz dokonaj charakterystyki promieniowania ciała doskonale czarnego.
Describe the photoelectric and Compton effects and characterize the spectrum of a perfect black body.
34. Scharakteryzuj zjawiska nadprzewodnictwa i nadciekłości. Podaj przykłady zachowań układów nadprzewodzących i nadciekłych.
Characterize phenomena of superconductivity and superfluidity. Give some examples of their properties.
35. Przedstaw główne założenia standardowej teorii Wielkiego Wybuchu wszechświata oraz najważniejsze argumenty obserwacyjne za jej słusnością.
Give basic assumptions of a standard Big Bang cosmology and main experimental arguments for its correctness.

W przygotowaniu do egzaminu użyteczne mogą się okazać, między innymi, następujące pozycje z literatury / *The following literature items may be useful in preparing for the exam:*

R. P. Feynman, R. B. Leighton, M. Sands, *Feynmana wykłady z fizyki* (PWN) [*The Feynman Lectures on Physics*].

D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Podstawy fizyki* (PWN) [*Fundamentals of Physics* (Wiley)]

Pytania dla Kandydatek / Kandydatów do Centrum Cyklotronowego Bronowice (CCB) / Questions for Candidates for Cyclotron Center Bronowice (CCB)

1. Na przykładzie protonów, omów oddziaływanie wysokoenergetycznych cząstek naładowanych z ośrodkiem materialnym. Omów rozkłady głębokościowe dawki dla różnych rodzajów promieniowania.
Taking protons as an example, discuss interaction of high energy charged particles with matter. Discuss depth dose distributions for different kinds of ionizing radiation.
2. Zdefiniuj pojęcia dawki oraz fluencji dla protonów. Podaj związek między tymi wielkościami. Podaj definicję zasięgu wiązki jonów, omów metody pomiaru lub oszacowania zasięgu wiązki protonów.
Explain the concept of dose and fluence for protons. Discuss the relationship between those quantities. Give the definition of ion beam range and discuss the method of measurement or evaluation of proton beam range.
3. Wyjaśnij pojęcie względnej skuteczności biologicznej (WSB) oraz podaj definicję WSB. Przedstaw jakościowo zmienność WSB dla protonów i cięższych jonów wraz z energią.
Present qualitatively the concept of Relative Biological Effectiveness (RBE), give the definition of RBE. Discuss RBE variability for protons and heavier ions as a function of energy.
4. Wyjaśnij pojęcie liniowego przekazu energii (ang. *linear energy transfer*, LET) i jego wykorzystania w planowaniu radioterapii z wykorzystaniem protonów.
Explain the concept of linear energy transfer (LET) and its application for treatment planning with protons and carbon ions.
5. Wyjaśnij typy uszkodzeń DNA (SSB, DSB), sposób ich powstawania w wyniku pośrednich i bezpośrednich oddziaływań promieniowania, oraz metody pomiaru uszkodzeń DNA.
Explain DNA damage types (SSB, DSB), how they are induced by direct and indirect effects of ionizing radiation, and DNA damage assays applied in radiobiology.
6. Wymień i scharakteryzuj zakresy pracy gazowego detektora promieniowania. Przedstaw budowę i zasadę działania komory jonizacyjnej oraz różnice w działaniu: komory jonizacyjnej, licznika proporcjonalnego oraz licznika Geigera-Müllera.
Name and characterize the operating regions of the gaseous ionization detector. Discuss the construction and explain the working principle of the ionization chamber. Explain the differences in working principles of: ionization chamber, proportional counter and Geiger-Müller counter.

7. Wyjaśnij na czym polegają różnice w budowie i zasadzie działania aktywnego i pasywnego detektora promieniowania jonizującego. Przedstaw po jednym przykładzie metody fizycznej wykorzystującej i) detektor aktywny ii) detektor pasywny.
Explain the differences in the construction and working principles of active and passive detectors of ionizing radiation. Present a selected physical method that uses i) a passive detector and another physics method that involves ii) an active detector.
8. 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 the properties of ionizing radiation. Give two examples of how to produce such radiation. Explain what is the mean lifetime of a radioactive isotope and how it is related to its half-life.
9. 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. Justify your choice of materials.
10. 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.
11. Wyjaśnij pochodzenie pierwiastków promieniotwórczych naturalnych i sztucznych w środowisku.
Explain the origin of natural and man-made radioactive elements found in the environment.
12. Omów budowę i zasadę działania skanera Pozytonowej Tomografii Emisyjnej (PET) oraz jego podstawowe parametry. Porównaj skaner PET z rentgenowskim tomografem komputerowym (CT).
Explain the construction and working principles of Positron Emission Tomography (PET) scanner. Compare PET scanner with the X-ray Computed Tomography (CT) scanner.
13. Omów podstawy fizyczne działania: i) cyklotronu, ii) synchrociklotronu oraz iii) synchrotronu. Porównaj metody uwzględnienia efektów relatywistycznych podczas przyspieszania cząstek w tych akceleratorach.
Discuss the physical principles of i) cyclotron, ii) synchrocyclotron iii) synchrotron operation. Compare the methods of including of the relativistic effects observed during particle acceleration in these facilities.

14. Omów zjawisko termoluminescencji oraz jego wykorzystanie w dozymetrii promieniowania jonizującego i datowaniu.
Discuss the phenomenon of thermoluminescence and its use in dosimetry of ionizing radiation and dating.
15. Objaśnij podstawy fizyczne działania typowych pasywnych dawkomierzy osobistych stosowanych w ochronie radiologicznej.
Explain the physical principles of the typical passive personal dosimeters used in radiation protection.
16. Objaśnij zależność pomiędzy pochłoniętą dawką promieniowania a skutkami oddziaływania promieniowania na organizm ludzki.
Explain the dependence between the absorbed dose of radiation and the effects of radiation on the human body.
17. Wyjaśnij cel radioterapii oraz pojęcia prawdopodobieństwo kontroli nowotworu (ang. *tumor control probability*, TCP) i prawdopodobieństwo uszkodzenia tkanek zdrowych (ang. *normal tissue complication probability*, NTCP). Jak wykorzystanie radioterapii protonowej wpływa na NTCP?
Explain the goal of radiotherapy and the concepts of tumor control probability (TCP) and normal tissue complication probability (NTCP). How does the use of proton radiotherapy affect NTCP?
18. Omów i porównaj metody modulacji intensywności w radioterapii fotonowej i protonowej. Objaśnij metody pasywne (ang. *passive scattering*) i aktywne (ang. *pencil beam scanning*) dostarczenia wiązki protonowej. Jakie są zalety skanowania ołówkową wiązką protonową?
Discuss and compare intensity modulation methods in photon and proton radiotherapy. Explain the passive scattering and pencil beam scanning methods of proton beam delivery. What are the advantages of pencil beam scanning (PBS) in proton therapy?
19. Wyjaśnij istotę stosowania symulacji z wykorzystaniem metod Monte Carlo do zastosowań medycznych, w szczególności do obrazowania i radioterapii, oraz przedstaw zalety stosowania obliczeń Monte Carlo w planowaniu leczenia z wykorzystaniem radioterapii protonowej.
Explain the purpose of using Monte Carlo simulations in medical applications – especially in imaging and radiotherapy – and present the advantages of Monte Carlo calculations in treatment planning using proton radiotherapy.

20. Przedstaw rolę metod obrazowania z wykorzystaniem tomografii komputerowej, pozytonowej tomografii emisyjnej i rezonansu magnetycznego w planowaniu leczenia (wyznaczenie obszarów nowotworu i organów krytycznych oraz obliczeniu rozkładu dawki) w radioterapii i radioterapii protonowej.

Present the role of imaging methods using computed tomography (CT), positron emission tomography (PET), and magnetic resonance imaging (MRI) in treatment planning (delineation of tumour volumes and organs at risk, and calculation of the dose distribution) in radiotherapy and proton radiotherapy.

21. Omów na czym polega problem przy naświetleniu skanującą wiązką protonową poruszających się organów (niepewność geometryczna, zasięgu, efekt *interplay*) i jakie są metody mitygacji tych efektów.

Discuss the problems associated with irradiating moving organs using a scanning proton beam – including geometric uncertainty, range uncertainty, and the interplay effect – and describe methods to mitigate these effects.

22. Wyjaśnij co to jest efekt FLASH wysokiej intensywności wiązki.

Explain what the FLASH effect high dose-rate beam irradiation.

23. Wyjaśnij pojęcie współczynnika wzmożenia tlenowego (ang. *oxygen enhancement ratio*).

Explain the concept of the oxygen enhancement ratio (OER).

24. Wyjaśnij 5R radioterapii (naprawa, redystrybucja, repopulacja, reoksygenacja, promieniowrażliwość).

Explain the 5 R's of radiotherapy (repair, redistribution, repopulation, reoxygenation, radiosensitivity).

25. Wyjaśnij podstawowe modele przeżywalności komórek (np. model liniowy i liniowo kwadratowy).

Explain the basic cell survival models (e.g., the linear model and the linear–quadratic model).

W przygotowaniu do egzaminu użyteczne mogą się okazać, między innymi, następujące pozycje z literatury / *The following literature items may be useful in preparing for the exam:*

F. H. Attix *Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry.*

H. Paganetti, *Proton Therapy Physics.*
