

Harmonogram postępowania rekrutacyjnego i zakres egzaminów

Harmonogram postępowania rekrutacyjnego do Krakowskiej Interdyscyplinarnej Szkoły Doktorskiej:

Nabór wniosków:	Poczta tradycyjna – na adres: Krakowska Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska, Instytut Fizyki Jądrowej PAN, ul. Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków w dniach od 22.06.2026 r. r. do 26.06.2026 r. E-Doręczenia – od 22.06.2026 r. r. do 26.06.2026 r., Adres do Doręczeń Elektronicznych (ADE) Instytutu Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk: AE:PL-58418-18875-VCRAG-2. Oryginały dokumentów należy okazać w Sekretariacie KISD w celu potwierdzenia zgodności kopii z oryginałem najpóźniej 1 dzień roboczy przed immatrykulacją. Osobiście – 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: od 22.06.2026 r. r. do 26.06.2026 r., w godzinach 9.00 – 14.00. Za pośrednictwem pełnomocnika – od 22.06.2026 r. r. do 26.06.2026 r. Kandydaci którzy nie mogą złożyć samodzielnie wniosków (a w szczególności kandydaci zagraniczni) muszą mieć przedstawiciela w PL pełniącego funkcję pełnomocnika do przekazywania i odbierania wszystkich dokumentów (wniosków wraz z załącznikami oraz decyzje administracyjne) w imieniu kandydata. Do dokumentów należy dołączyć podpisane pełnomocnictwo.
Weryfikacja wniosków pod względem formalnym:	do 08.07.2026 r.
Publikacja szczegółowego harmonogramu egzaminu kierunkowego:	do 10.07.2026 r.
Egzaminy kwalifikacyjne do KISD (ewentualne zmiany terminu będą umieszczane na stronie szkoły)	13-17.07.2026

Publikacja list rankingowych:	do 21.07.2026 r.
Publikacja listy doktorantów:	do 23.07.2026 r.
Termin na złożenie oświadczenia o niepodjęciu kształcenia w innej szkole doktorskiej:	do 30.07.2026 r. godz.14.00
Ogłoszenie rekrutacji uzupełniającej:	do 08.08.2026 r.

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 dylatację 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 słusznością.

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 Oddziału Fizyki i Astrofizyki Cząstek (NO1) /

Questions for Candidates for the Division of Particle and Astroparticle Physics (NO1)

1. Porównanie zderzeń w kolajderze (ang. *collider*) ze zderzeniami na stałej tarczy. Zderzacze liniowe i kołowe. Porównanie zderzaczy *ee* i *pp*.
Compare beam collisions on fixed target with those at colliders. Linear and circular accelerators. Compare ee vs pp colliders.
2. Omów budowę i działanie współczesnego zderzacza. Światłość zderzacza.
Describe construction and operation of modern collider. The notion of luminosity.
3. Oddziaływanie fotonów z materią. Kalorymetry elektromagnetyczne.
Interactions of photons with matter. Electromagnetic calorimeters.
4. Przekrój czynny; przestrzeń fazowa; szerokość rozpadu.
The notions of cross-section, phase space and decay width.
5. Oddziaływanie cząstek naładowanych z materią.
Interactions of charged particles with matter.
6. Detektory gazowe i krzemowe.
Gaseous and silicon detectors.
7. Sposoby identyfikacji cząstek.
Methods of particle identification.
8. Detekcja hadronów i dżetów. Kalorymetry hadronowe.
Detection of hadrons and jets. Hadronic calorimeters.
9. Model Standardowy: skład i podstawowe własności elementarnych fermionów i bozonów.
The Standard Model: particle composition and basic properties of elementary fermions and bosons.
10. Liczby kwantowe *C*, *P* i *T*.
Quantum numbers: C, P, and T.
11. Porównanie cech elektrodynamiki i chromodynamiki kwantowej.
Compare key features of quantum electrodynamics and quantum chromodynamics.
12. Podstawy teorii elektroslabej. Główne testy doświadczalne tej teorii.
Basic features of electroweak theory. Main experimental tests of electroweak theory.

13. Mechanizm Higgsa. Odkrycie bozonu Higgsa.
The Higgs mechanism. Discovery of the Higgs boson.
14. Liczba lekkich neutrin; ewidencja eksperymentalna.
Number of light neutrinos; experimental evidence.
15. Kolor: dowody doświadczalne.
Colour quantum number: experimental evidence.
16. Budowa partonowa nukleonu. Znaczenie funkcji rozkładu partonów (*Parton Distribution Function*) nukleonu.
Parton structure of the nucleon. Meaning of the Parton Distribution Function of the nucleon.
17. Macierz CKM; masy i mieszanie kwarków.
CKM matrix, quark masses and mixing.
18. Podstawowe własności plazmy kwarkowo-gluonowej.
Basic features of quark-gluon-plasma.
19. Oscylacje neutrin; badania neutrin atmosferycznych i słonecznych.
Neutrino oscillations; studies of atmospheric and solar neutrinos.
20. Fale grawitacyjne – omów pojęcie i opisz mechanizm ich odkrycia.
Gravitational waves – discuss the concept and describe the mechanism of their discovery.
21. Problemy Modelu Standardowego. Przykład teorii poza Modelem Standardowym
Shortcomings of the Standard Model. Example of theory beyond the Standard Model.
22. Podstawowe cechy promieniowania kosmicznego. Podstawowe własności wielkich pęków atmosferycznych.
Basic features of cosmic rays. Basic properties of extensive air showers.
23. Bezpośrednie i pośrednie techniki detekcji astrofizycznych cząstek naładowanych, promieniowania gamma i neutrin.
Direct and indirect detection techniques of astrophysical charged particles, gamma rays, and neutrinos.
24. Astrofizyczne źródła cząstek i promieni gamma o wysokich energiach. Podstawowe procesy prowadzące do emisji wysokoenergetycznych cząstek.

Astrophysical sources of high-energy gamma rays and particles. Basic processes leading to high energy particle emission.

25. Neutrino astrofizyczne bardzo wysokich energii – dlaczego powinny istnieć i jak zostały odkryte, jak można je obserwować?

*Very high energy astrophysical neutrinos – why they should exist and how they were discovered?
How can we observe them?*

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:*

- M. Thompson *Modern Particle Physics (Współczesna Fizyka Cząstek)*.
D. H. Perkins *Introduction to High Energy Physics (Wstęp do fizyki wysokich energii)*.
T. Gaisser, R. Engel, E. Resconi *Cosmic Rays and Particle Physics*.
A. F. Żarnecki *Astrofizyka cząstek* (wykład monograficzny, in Polish):
(dostępny na stronie: <https://www.fuw.edu.pl/~zarnecki/APP/>)
-

Pytania dla Kandydatek / Kandydatów do Oddziału Fizyki Jądrowej i Oddziaływań Silnych (NO2) / Questions for Candidates for the Division of Nuclear Physics and Strong Interactions (NO2)

1. Podstawowe własności jąder atomowych (rozmiary, rozkłady gęstości, deformacje kształtu, czasy rozpadu stanów jądrowych, momenty elektromagnetyczne, spin, parzystość, izospin).
Basic properties of atomic nuclei (sizes, density distributions, shape deformations, nuclear decay lifetimes, electromagnetic moments, spin, parity, isospin).
2. Metody wyznaczania podstawowych własności jąder atomowych (rozpraszanie elektronów, spektrometria masowa, spektroskopia gamma).
Methods for determining the basic properties of atomic nuclei (electron scattering, mass spectrometry, gamma spectroscopy).
3. Energie wiązania i masy jąder atomowych. Liczby magiczne. Energie separacji protonów i neutronów. Tablica nuklidów (ścieżka stabilności, izotopy, izobary i izotony, linie odrywania).
Binding energies and masses of atomic nuclei. Magic numbers. Proton and neutron separation energies. Table of nuclides (stability path, isotopes, isobars and isotones, drip lines).

4. Radioaktywność jąder atomowych (rozpady alfa, beta, gamma, protonowe, rozszczepienie).
Radioactivity of atomic nuclei (alpha, beta, gamma, proton decays, fission).
5. Własności sił jądrowych. Oddziaływanie nukleon-nukleon.
Properties of nuclear forces. Nucleon-nucleon interaction.
6. Modele jądra atomowego: model kropli cieczy, model gazu Fermiego, model pola średniego (potencjał Saxona-Woodsa), model powłokowy.
Models of atomic nucleus: liquid drop model, Fermi gas model, mean field model (Saxon-Woods potential), shell model.
7. Wzbudzenia jednocząstkowe (model powłokowy) i kolektywne (rotacja, wibracja, gigantyczne rezonanse).
Single-particle (shell model) and collective (rotation, vibration, giant resonances) excitations.
8. Całkowity i różniczkowy przekrój czynny. Definicja i przykłady.
Total and differential cross-section. Definition and examples.
9. Kinematyka reakcji jądrowych i zasady zachowania. Ciepło reakcji, energia wzbudzenia, kręt, efekty relatywistyczne.
Kinematics of nuclear reactions and conservation laws. Q-value, excitation energy, angular momentum, relativistic effects.
10. Modele reakcji: reakcje wprost, reakcje przez jądro złożone (fuzja, ewaporacja, rozszczepienie), rozpraszanie elastyczne, nieelastyczne, reakcje głęboko-nieelastyczne, rozpraszanie kulombowskie.
Reaction models: direct reactions, compound nucleus reactions (fusion, evaporation, fission), elastic and inelastic scattering, deep-inelastic reactions, Coulomb scattering.
11. Nukleosynteza pierwotna i nukleosynteza w gwiazdach.
Primary nucleosynthesis and nucleosynthesis in stars.
12. Akceleratory i metody przyspieszania cząstek i jąder atomowych. Systemy akceleracyjne: generator van de Graaffa, cyklotron, synchrotron. Wytwarzanie wiązek jonów radioaktywnych. System akceleracyjny LHC.
Accelerators and methods of accelerating particles and atomic nuclei. Acceleration systems: van de Graaff generator, cyclotron, synchrotron. Production of radioactive ion beams. LHC acceleration system.
13. Oddziaływanie promieniowania gamma, neutronów i cząstek naładowanych z materią.
Interaction of gamma rays, neutrons and charged particles with matter.

14. Detektory promieniowania jądrowego i metody detekcji (detektory scyntylacyjne, półprzewodnikowe, drutowe, gazowe w tym komora projekcji czasowej).
Nuclear radiation detectors and detection methods (scintillation, semiconductor, multiwire chamber, gas detectors including the Time Projection Chamber).
15. Geometria zderzeń jądrowych przy wysokich energiach (centralność i ultraperyferyczność).
Geometry of high-energy nuclear collisions (centrality and ultraperipherality).
16. Zmienne kinematyczne w fizyce wysokich energii (energia w środku masy, *rapidity* i *pseudorapidity*, pęd poprzeczny, masa poprzeczna, masa niezmiennicza).
Kinematic variables in high energy physics (energy in the center of mass, rapidity and pseudorapidity, transverse momentum, transverse mass, invariant mass).
17. Model Standardowy (podstawowe składniki materii i oddziaływania fundamentalne)
Standard Model (basic components of matter and fundamental interactions).
18. Podstawy chromodynamiki kwantowej; asymptotyczna swoboda i uwięzienie kwarków.
Basics of quantum chromodynamics; asymptotic freedom and the confinement of quarks.
19. Plazma kwarkowo-gluonowa.
The quark-gluon plasma.
20. Hadrony: budowa i rodzaje.
Hadrons: structure and types.
21. Układy detekcyjne fizyki jądrowej np.: ALICE na LHC, AGATA i PARIS.
Detection systems of nuclear physics, i.e., ALICE at LHC, AGATA and PARIS.
22. Podstawy formalizmu diagramów Feynmana.
Basics of Feynman diagrams formalism.
23. Symetrie Modelu Standardowego. Symetria C, P, T; składanie symetrii.
Symmetries of the Standard Model. Symmetry C, P, T; folding symmetry.
24. Zastosowania fizyki jądrowej w medycynie np.: diagnostyka i terapia nowotworów.
Medical applications of nuclear physics, i.e., cancer diagnosis and therapy.
25. Zastosowanie fizyki jądrowej w przemyśle np.: reaktor jądrowy, elektrownie jądrowe i termojądrowe i inne).
Industrial application of nuclear physics, i.e., the nuclear reactor, nuclear and fusion power plants, and others.

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:

C. A. Bertulani, *Nuclear Physics in a Nutshell*.

K. S. Krane, *Introductory Nuclear Physics*.

A. Strzałkowski, *Wstęp do fizyki jądra atomowego* [in Polish].

T. Mayer-Kuckuck, *Introduction to Nuclear Physics*.

J. Bartke, *Introduction to Relativistic Heavy Ion Physics*.

<https://www.agata.org/> ; <https://alice-collaboration.web.cern.ch/>

<https://home.cern/science/experiments/alice>

Pytania dla Kandydatek / Kandydatów do Oddziału Fizyki Materii Skondensowanej (NO3) / Questions for Candidates for the Division of Condensed Matter Physics (NO3)

1. Sieć krystaliczna, układy krystalograficzne, grupy przestrzenne.
Crystal lattice, crystallographic systems, space groups.
2. Dynamika sieci układów przestrzennie periodycznych: strefy Brillouina, twierdzenie Blocha, relacje dyspersji fononów.
Dynamics of spatially periodic systems: the Brillouin zones, the Bloch theorem, phonon dispersion relations.
3. Makroskopowe własności ciał stałych: podatność elektryczna i magnetyczna, sprężystość materiałów.
Macroscopic properties of solids: electric and magnetic susceptibilities, elasticity of materials.
4. Struktura elektronowa ciał stałych: izolatory, półprzewodniki, półmetale, metale.
Electronic structure of solids: insulators, semiconductors, semi-metals, metals.
5. Pośrednie stany skupienia i materia miękka: rodzaje mezofaz, klasyfikacja faz ciekłokrystalicznych i ich właściwości. Doświadczalne metody identyfikacji mezofaz.
Mesophases and soft matter: types of mesophases, classification of liquid crystal phases, and their properties. Experimental methods of mesophase identification.

6. Przejścia fazowe: klasyfikacja Ehrenfesta, przykłady przemian fazowych I i II rodzaju. Pojęcie parametru porządku (uporządkowania). Teoria Landaua przejść fazowych drugiego rodzaju.
Phase transitions: the Ehrenfest classification, examples of phase transitions of I and II order. The order parameter definition. Landau theory of the second order phase transitions.
7. Termodynamiczne własności materiałów: pojemność cieplna, model Debye'a i model Einsteina. Metody kalorymetryczne.
Thermodynamic properties of materials: heat capacity, Debye and Einstein models. Calorimetric methods.
8. Materiały magnetyczne i ich zastosowanie (stopy magnetyczne, magnetyki molekularne, ferrofluidy).
Magnetic materials and their applications (magnetic alloys, molecular magnets, and ferrofluids).
9. Wyjaśnij pojęcia: zjawisko magnetokaloryczne, zjawisko magnetosprężyste, magnetostrykcja i magnetoopór.
Explain terms: magnetocaloric effect, magnetoelastic effect, magnetostriction and magnetoresistance.
10. Fazy częściowo nieuporządkowane: fazy plastyczno-krystaliczne, konformacyjnie nieuporządkowane i przechłodzone oraz stany szkliste. Wpływ nieporządku molekularnego na własności materii miękkiej.
Partially disordered phases: plastic-crystal, conformationally disordered, and supercooled phases, and glassy states. Influence of molecular disorder on properties of soft matter materials.
11. Zjawisko uporządkowania bliskiego i dalekiego zasięgu w materii miękkiej. Przykłady struktur uporządkowanych dalekozasięgowo w jednym, w dwóch lub w trzech wymiarach.
The phenomenon of short- and long-range order in soft matter. Examples of long-range ordered structures in one, two or three dimensions.
12. Nadprzewodnictwo – podstawowy mechanizm (teoria BCS), własności i zastosowania.
Superconductivity – basic mechanism (BCS theory), properties and applications.
13. Magnetoptyczny efekt Kerra: definicja i zastosowanie.
The magneto-optic Kerr effect: definition and application.
14. Rodzaje i własności materiałów ferroicznych, domeny ferroiczne i multiferroiki.
The types and properties of ferroic materials, ferroic domains and multiferroics.
15. 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 physical research.

16. Własności materiałów niskowymiarowych (cienkie warstwy, nanocząstki, kropki, druty i studnie kwantowe).

Properties of low-dimensional materials (thin layers, nanoparticles, dots, wires and quantum wells).

17. Półprzewodniki – definicja, rodzaje, struktura pasmowa, domieszki, przykłady prostych elementów półprzewodnikowych.

Semiconductors – definition, type, band structure, example of simple semiconductor devices.

18. Mikroskopia w świetle spolaryzowanym jako jedna z metod identyfikacji mezofaz. Tekstury ciekłokrystaliczne.

Polarized light microscopy as one of the methods of mesophase identification. Liquid crystal textures.

19. Dyfrakcyjne metody w badaniach struktury ciał stałych. Prawo Bragga. Zastosowanie różnych rodzajów promieniowania.

Diffraction methods in the studies of structure of solid-state materials. Bragg's law. The use of different types of radiation.

20. Spektroskopia w podczerwieni jako metoda badania własności materii skondensowanej.

Infrared spectroscopy as a method to study properties of condensed matter.

21. Szerokopasmowa spektroskopia dielektryczna – opis metody i zastosowanie. Procesy relaksacyjne obserwowane w skali temperatury, częstotliwości i ciśnienia. Model Debye'a.

Broadband dielectric spectroscopy – description and applications. Relaxation processes observed at temperature, frequency, and pressure scales. Debye model.

22. Skaningowy mikroskop elektronowy i transmisyjny mikroskop elektronowy.

Scanning electron microscope and transmission electron microscope.

23. Magnetyczne techniki pomiarowe (statyczne, dynamiczne, magnetometr SQUID).

Magnetic measuring techniques (static, dynamic, SQUID magnetometer).

24. Spektroskopia anihilacji pozytonów jako metoda badań materii skondensowanej.

Positron annihilation spectroscopy as a method of condensed matter research.

25. Zjawisko Mössbauera (ogólnie) i przykłady jego zastosowania do badania ciał stałych.

The Mössbauer effect (in general) and examples of its use to study solids.

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:

- A. K. Wróblewski, J. A. Zakrzewski *Wstęp do fizyki* (PWN).
Ch. Kittel *Introduction to Solid State Physics* (John Wiley & Sons, Inc.) [*Wstęp do fizyki ciała stałego* (PWN)].
A. Oleś *Metody eksperymentalne fizyki ciała stałego* (Wyd. Naukowo-Techniczne).
Soft materials. Structure and Dynamics, ed. J. R. Dutcher, A. G. Marangoni (Marcel Dekker, USA).
Liquid crystals, ed. H. Baumgärtel, E. U. Franck, W. Grünbein (Steinkopff, Springer, USA).
-

Pytania dla Kandydatek / Kandydatów do Oddziału Fizyki Teoretycznej (NO4) /
Questions for Candidates for Division of Theoretical Physics (NO4)

1. Opis stanu układu w mechanice kwantowej.
States in QM: description and properties.
2. Równanie Schrödingera zależne i niezależne od czasu.
Time-dependent and time-independent Schrödinger equation.
3. Reprezentacje macierzowe wielkości kwantowo-mechanicznych.
Matrix representations of quantum-mechanical quantities.
4. Ruch cząstki w nieskończenie głębokiej studni potencjału.
Particle motion in infinitely deep potential well.
5. Stany czyste i mieszane.
Pure and mixed states.
6. Kwantowo-mechaniczny opis atomu wodoru.
Hydrogen atom in quantum mechanics.
7. Teoria rozprożeń w mechanice kwantowej.
Quantum-mechanical scattering theory.
8. Interpretacja probabilistyczna mechaniki kwantowej.
Probabilistic interpretation of quantum mechanics.
9. Zasada nieoznaczoności Heisenberga dla niekomutujących obserwabli.
The Heisenberg uncertainty principle for noncommuting observables.

10. Opis oscylatora harmonicznego w reprezentacji liczby obsadzeni.
Description of the harmonic oscillator in the number state representation.
11. Pomiar w mechanice kwantowej i niekomutujące obserwable.
Measurement in quantum mechanics and noncommuting observables.
12. Wytlumacz różnicę pomiędzy obrazem Schrödingera, Heisenberga i oddziaływania w mechanice kwantowej.
Explain the difference between the Schrödinger, Heisenberg and interaction pictures in quantum mechanics.
13. Symetrie w mechanice kwantowej i zasady zachowania.
Symmetries in quantum mechanics and conservation laws.
14. Twierdzenie Ehrenfesta.
Ehrenfest's theorem.
15. Kanoniczne kwantowanie.
Canonical quantization.
16. Ruch cząstki kwantowej w polu bariery potencjału, efekt tunelowy.
The motion of a quantum particle in the potential barrier field, tunnelling effect.
17. Rachunek zaburzeń niezależnych od czasu.
Time independent perturbation calculus.
18. Cząstki nierozróżnialne: bozony i fermiony, symetryczne i antysymetryczne funkcje falowe.
Bosons and fermions, symmetric and antisymmetric wave functions.
19. Zasada superpozycji, pakiety falowe.
Superposition principle, wave packets.
20. Spin.
Spin.
21. Niezmienniczość względem transformacji cechowania.
The gauge invariance
22. Moment pędu w mechanice kwantowej.
Angular momentum in quantum mechanics.
23. Interferencja kwantowa. Dualizm korpuskularno-falowy.

Quantum interference. Particle and wave behaviour.

24. Zakaz Pauliego i jego zastosowania.

The Pauli exclusion principle and its application.

25. Opis cząstki naładowanej w polu elektromagnetycznym. Sprzężenie minimalne.

Charged particle in the electromagnetic field. Minimal coupling.

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

R. P. Feynman, R. B. Leighton, M. Sands, *The Feynman Lectures on Physics*, vol. III. (Addison-Wesley).

J. J. Sakurai, J. Napolitano, *Modern Quantum Mechanics* (Cambridge University Press).

L. E. Ballentine, *Quantum Mechanics: A Modern Development* (World Scientific).

Pytania dla Kandydatek / 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 the mean lifetime of a radioactive isotope is 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 Graaffa oraz separatora masowego.

Describe the motion of a charged particle in the presence of electric and magnetic field. Explain the cyclotron frequency term. Explain the operation principle of the following devices: 1) cyclotron, 2) Van de Graaff generator, and 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 the 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 an undulator and a 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 Mössbauera i wyjaśnij jego znaczenie dla badań strukturalnych.
Explain Mössbauer 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.
14. Omów podstawy fizyczne spektroskopii w podczerwieni oraz podaj przykłady zastosowań tej metody.
Discuss the physical basis of infrared spectroscopy and give examples of application of this method.
15. Omów podstawy fizyczne spektroskopii Ramana oraz podaj przykłady zastosowań tej metody.
Discuss the physical basis of Raman spectroscopy and give examples of applications of this method.
16. Omów podstawowe pojęcia charakteryzujące właściwości mechaniczno-reologiczne materiałów oraz wyjaśnij w jaki sposób mikroskopia sił atomowych jest wykorzystywana do badania właściwości mechanicznych i reologicznych miękkich materiałów, w tym żywych komórek.
Discuss the basic concepts characterizing the mechanical and rheological properties of materials, and explain how atomic force microscopy is used to study the mechanical and rheological properties of soft materials, including living cells.
17. Omów podstawy fizyczne, zasadę działania tomografu i podaj przykłady wykorzystania tomografii komputerowej.
Explain physical basics, the principle of tomograph operation, and present examples of applications of computed tomography.
18. 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.

19. 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.
20. 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.
21. 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?
22. 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.
23. Omów odkształcalność materiałów, podaj podstawowe elementy teorii odkształcalności.
Discuss the deformability of materials, and provide the basic elements of the theory of deformability.
24. 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).
25. Wyjaśnij zasadę działania nanospektroskopii AFM-IR opartej na efekcie fototermicznym oraz podaj przykłady jej zastosowań.
Explain the principle of operation of AFM-IR nanospectroscopy based on the photothermal effect and give examples of its applications.

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:

Po polsku:

Fizyczne metody badań w biologii, medycynie i ochronie środowiska, pod. red. A. Z. Hryniewiczza i E. Rokity (PWN).

P. W. Atkins, *Chemia Fizyczna* (PWN).

Z. Kęcki, *Podstawy spektroskopii molekularnej* (PWN).

L. Stryer, *Biochemia* (PWN).

Biospektroskopia, tomy 1-5, pod red. J. Twardowskiego (PWN).

Spektroskopia oscylacyjna. Od teorii do praktyki, K. Małek (red.) (PWN).

Promieniowanie synchrotronowe w fizyce i chemii ciała stałego – wybrane zagadnienia (Wyd. Naukowe UAM).

J. Hennel, *Wstęp do teorii magnetycznego rezonansu jądrowego*.

J. Tritt-Goc, *Wprowadzenie do tomografii magnetyczno-rezonansowej*.

In English:

K. E. van Holde, W. C. Johnson, P. Shing Ho, *Principles of physical biochemistry* (Upper Saddle River, NJ, Pearson Education International).

Ch. R Cantor, P. R. Schimmel, *Biophysical Chemistry, Part I: The Conformation of Biological Macromolecules; Part II: Techniques for the Study of Biological Structure and Function; Part III: The Behavior of Biological Macromolecules* (New York: W. H. Freeman and Company).

D. T. Haynie, *Biological Thermodynamics* (Cambridge University Press).

Handbook of Vibrational Spectroscopy, editors: J. M. Chalmers, P. R. Griffiths (John Wiley & Sons, Ltd).

Infrared and Raman Spectroscopic Imaging, editors: R. Salzer, H.W. Siesler (Wiley).

Synchrotron radiation in solid state physics and chemistry – selected issues, (Wydawnictwo Naukowe UAM).

P. A. Rinck, *Magnetic Resonance in Medicine. A critical introduction* (available at: <http://www.magnetic-resonance.org/contents.html>).

A.D. Elster, *Questions & Answers in MRI* (available at: <http://mri-q.com/index.html>).

R. H Hashemi, W. G Bradley, C.J. Lisanti, *MRI The Basics*.

Pytania dla Kandydatek / Kandydatów do Oddziału Zastosowań Fizyki (NO6) / **Questions for Candidates for Division of Applications of Physics (NO6)**

1. Wyjaśnij pojęcie plazmy oraz podaj przykłady współcześnie prowadzonych badań nad tym stanem materii.

Explain what is plasma and give some examples of modern studies involving this state of matter.

2. Omów mechanizm oddziaływania neutronów z materią, wyjaśnij pojęcia neutronów termicznych, dyfrakcji i polaryzacji neutronów. Scharakteryzuj metody detekcji neutronów w zależności od ich energii.

Describe the interaction mechanism of neutrons with matter. Explain the following terms: thermal neutrons, neutron diffraction and neutron polarization. Characterize various neutron detection methods, according to their energy.

3. Omów zasadę działania reaktora jądrowego. Wyjaśnij pojęcia reakcji łańcuchowej, moderatora neutronów, uranu wzbogaconego. Podaj dwa przykłady różnych typów reaktorów i wyjaśnij różnice w ich budowie.

Describe the working principle of a nuclear reactor. Explain the following terms: chain reaction, neutron moderator and enriched uranium. Name two types of nuclear reactors and explain the differences between them.

4. Na czym polegają metody Monte Carlo i w jaki sposób są one stosowane w symulacji procesów transportu promieniowania w ośrodkach?

What are Monte Carlo methods and how are they used to simulate radiation transport in media?

5. Omów próby praktycznej realizacji kontrolowanej reakcji syntezy termojądrowej. Omów różnice pomiędzy magnetycznym i inercyjnym utrzymaniem plazmy. Przedstaw zasadę działania wybranego urządzenia fuzyjnego.

Discuss practical attempts to achieve the controlled thermonuclear fusion reaction. Explain differences between magnetic and inertial plasma confinement. Give an example of fusion device.

6. 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.

7. Zdefiniuj pojęcia dawki oraz fluencji dla protonów. Podaj związek pomiędzy 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.

8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. Wykaż, że zarówno podczas syntezy jak i rozpadu jąder promieniotwórczych wydzielana jest energia. Wyjaśnij pojęcie ciepła reakcji i niedoboru masy.
Show that in both cases of fusion and fission reactions vast amount of energy is released. Define the reaction energy "Q-value" and explain the mass defect (or mass deficit) term.
12. 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.
13. Wyjaśnij pojęcie abundancji. Omów metody datowania izotopowego
Explain the abundance term. Describe methods of radioisotope dating.
14. Jakie zjawiska fizyczne towarzyszą przejściu promieniowania gamma oraz X przez materię? Zaproponuj materiały jakie można wykorzystać do budowy osłon radiologicznych przed tym typem promieniowania. Uzasadnij swoje propozycje.
What physical phenomena accompany the passage of gamma and X radiation through matter? Propose some materials for radiological shielding for this kind of ionizing radiation. Justify your choice of materials.

15. Omów współczesne metody spektrometrii jądowej alfa, beta i gamma z uwzględnieniem aspektu przygotowania (preparatyki) próbek.
Characterize modern methods of nuclear spectrometry (alpha, gamma and beta) including aspects of sample preparation.
16. Omów budowę i zasadę działania kwadrupolowego analizatora mas.
Discuss the construction and principle of operation of the quadrupole mass analyzer.
17. Scharakteryzuj szeregi promieniotwórcze występujące w przyrodzie. Wymień rodzaje i opisz warunki istnienia równowagi promieniotwórczej pomiędzy izotopami.
Characterize the radioactive series found in nature. List the types and describe the conditions for the existence of a radioactive equilibrium between isotopes.
18. Podaj prawo Geigera-Nuttalla oraz interpretację zaproponowaną przez G. Gamow. Wyjaśnij, jak ta reguła manifestuje się w widmie promieniowania alfa.
Give the Geiger-Nuttall law and the interpretation proposed by G. Gamow. Explain how this rule manifests itself in the alpha spectrum.
19. Wyjaśnij pochodzenie pierwiastków promieniotwórczych naturalnych i sztucznych w środowisku.
Explain the origin of natural and man-made radioactive elements found in the environment.
20. 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.
21. 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.
22. 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.

23. 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.
24. Omów metodę Czochralskiego wzrostu kryształów. Wymień inne metody wzrostu kryształów z fazy roztopionej.
Discuss the Czochralski method of crystal growth. List other methods of crystal growth from the melt.
25. 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.

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*.

Francis F. Chen, *Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion*.

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*.

Pytania dla Kandydatek / Kandydatów do Działu Budowy Aparatury i Infrastruktury Naukowej (DAI) / Questions for Candidates for Division of Scientific Equipment and Infrastructure Construction (DAI)

1. Radioaktywność jąder atomowych (rozpady alfa, beta, gamma, protonowe, rozszczepienie).

Radioactivity of atomic nuclei (alpha, beta, gamma, proton decays, fission).

2. Wykaż, że zarówno podczas syntezy jak i rozpadu jąder promieniotwórczych może być wydzielana energia. Wyjaśnij pojęcie ciepła reakcji i niedoboru masy.

Show that in both cases of fusion and fission reactions vast amount of energy can be released. Define the reaction energy "Q-value" and explain the mass defect (or mass deficit) term.

3. Fuzja jądrowa. Nukleosynteza pierwotna i nukleosynteza w gwiazdach.

Nuclear fusion. Primary nucleosynthesis and nucleosynthesis in stars.

4. Omów próby praktycznej realizacji kontrolowanej reakcji syntezy termojądrowej. Omów różnice pomiędzy magnetycznym i inercyjnym utrzymaniem plazmy. Przedstaw zasadę działania wybranego urządzenia fuzyjnego.

Discuss practical attempts to achieve the controlled thermonuclear fusion reaction. Explain differences between magnetic and inertial plasma confinement. Give an example of fusion device.

5. Omów ruch cząstki naładowanej w polu elektrycznym i magnetycznym. Wyjaśnij pojęcie częstości cyklotronowej. Omów zasadę magnetycznego utrzymywania plazmy w tokamaku oraz działania następujących urządzeń: cyklotron, synchrotron, separator masy.

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 magnetic plasma confinement in a tokamak and of the following devices: cyclotron, synchrotron, mass separator.

6. Akceleratory i metody przyspieszania cząstek i jąder atomowych. Systemy akceleracyjne: generator van de Graaffa, cyklotron, synchrotron. Wytwarzanie wiązek jonów radioaktywnych. System akceleracyjny LHC.

Accelerators and methods of accelerating particles and atomic nuclei. Acceleration systems: van de Graaff generator, cyclotron, synchrotron. Production of radioactive ion beams. LHC acceleration system.

7. Zastosowanie fizyki jądrowej w przemyśle np.: reaktor jądrowy, elektrownie jądrowe i termojądrowe, i inne.

Industrial application of nuclear physics, i.e., the nuclear reactor, nuclear and fusion power plants, and others.

8. Nadprzewodnictwo: podstawowe mechanizmy i zastosowania.

Superconductivity: basic mechanisms and applications.

9. Powierzchnia krytyczna nadprzewodnika? Charakterystyczne cechy i przykłady nadprzewodników pierwszego i drugiego rodzaju. Najważniejsze grupy materiałów nadprzewodnikowych nisko- i wysokotemperaturowych.

Critical surface of a superconductor. Characteristic features and examples of Type-I and Type-II superconductors. The most important groups of low-temperature and high-temperature superconducting materials.

10. Stabilność termiczna nadprzewodników. Omów zagadnienie podziału prądu i utraty stanu nadprzewodzenia w kablu nadprzewodnikowym.

Thermal stability of superconductors. Discuss current sharing and quench in superconducting cables.

11. Omów zagadnienie przewodzenia ciepła (Prawo Fouriera. Równanie przewodnictwa cieplnego. Rodzaje warunków granicznych dla równania przewodnictwa cieplnego. Dyfuzyjność cieplna (definicja, interpretacja fizyczna, typowe wartości tego parametru dla dobrych i słabych przewodników ciepła)).

Discuss the problem of heat conduction (Fourier's Law. The heat conduction equation. Types of boundary conditions for the heat conduction equation. Thermal diffusivity (definition, interpretation, typical values for good and poor heat conductors)).

12. Omów zagadnienie przewodzenie i przejmowanie ciepła w stanie ustalonym przez jedno/wielowarstwową ściankę płaską lub cylindryczną. Opór cieplny dla każdego z powyższych przypadków.

Discuss the problem of steady-state heat conduction and heat transfer through a single/multi-layer flat wall and single/multi-layer cylindrical wall. Thermal resistance for the above cases.

13. Omów zagadnienie konwekcji swobodnej i wymuszonej. Przejmowanie ciepła (równanie Newtona, współczynnik przejmowania/wnikania ciepła – od czego zależy, typowe wartości dla konwekcji swobodnej i wymuszonej).

Discuss the problem of free (natural) and forced convection. Heat transfer between a flowing fluid and a solid surface (Newton's law, heat transfer coefficient – what it depends on, typical values for free and forced convection).

14. Omów teorię podobieństwa: prawa podobieństwa, interpretacja i znaczenie liczb podobieństwa w opisie przepływów i wymianie ciepła, typowe zastosowania.

Discuss similarity theory: similarity laws, interpretation and significance of similarity numbers (dimensionless numbers) in the description of flows and heat transfer, typical applications.

15. Omów zagadnienie przepływu laminarnego i turbulentnego. Omów podstawowe modele turbulencji (RANS) używane w programach do modelowania CFD, jak np. ANSYS Fluent.

Discuss the problem of laminar and turbulent flow. Discuss the basic turbulence models (RANS) used in CFD modeling programs, such as ANSYS Fluent.

16. Omów odkształcalność sprężystą materiałów, podaj podstawowe elementy teorii sprężystości.

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

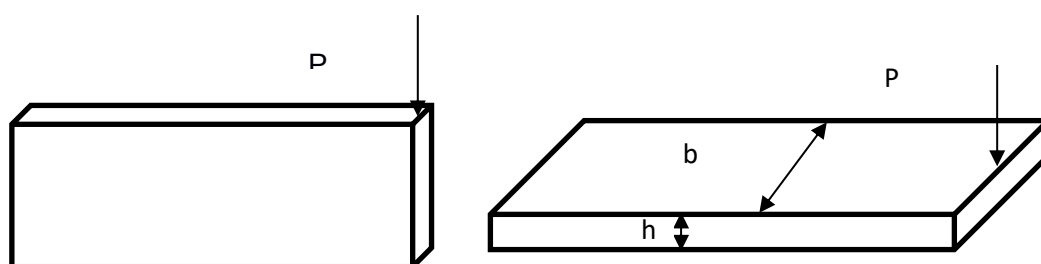
17. Wyjaśnij, jak obliczamy odkształcenia termiczne w mechanice ciała stałego oraz określ różnice pomiędzy natychmiastowym a siecznym współczynnikiem rozszerzalności ciepła.

Explain how thermal strains are calculated in solid mechanics and determine the differences between the instantaneous and secant coefficient of thermal expansion.

18. Podaj rozwiązanie analityczne linii ugięcia belki zginanej o długości L i wymiarach przekroju $b \times h$ obciążonej na końcu siłą prostopadłą do osi o wartości P i utwierdzonej na drugim końcu (zob.

rysunek poniżej). Oblicz ugięcie końca belki (pod wpływem siły). Porównaj wartości ugięć przy obu sposobach ustawienia przekroju zakładając $b = 4 \cdot h$.

Give the analytical solution of the deflection line of a beam subjected to bending, having length L , cross-section dimensions $b \times h$, loaded on its end by a force P perpendicular to the axis and fixed on the other end (see, figure below). Calculate the deflection of the end of the beam (under the force). Compare the deflections for the both ways of orienting the cross-section assuming $b = 4 \cdot h$.



19. Wyjaśnij co to są analizy sprzężone, podać przykłady, opisać zagadnienie termo-mechaniczne, elektromagnetyczno-mechaniczne. Jakimi narzędziami można posłużyć się w celu analizy tego rodzaju zagadnień?

Multiphysics modeling – provide examples, and describe the thermo-mechanical and electromagnetic-mechanical problems. What tools can be used to analyze these types of problems?

20. Wyjaśnij zagadnienia: interpolacja, aproksymacja, ekstrapolacja. Omów metodę interpolacji wielomianowej i interpolacji za pomocą funkcji sklepanych.

Explain the concepts of: interpolation, approximation, and extrapolation. Discuss the polynomial interpolation method and spline interpolation (interpolation using spline functions).

21. Omów metody numeryczne rozwiązywania układów równań liniowych, omów szczegółowo wybraną metodę np. metoda eliminacji Gaussa, rozkład LU, rozkład QR.

Discuss numerical methods for solving systems of linear equations, discuss in detail the selected method, e.g., Gaussian elimination method, LU decomposition or QR decomposition.

22. Omów metody numeryczne rozwiązywania równań nieliniowych. Omów szczegółowo wybraną metodę iteracyjną, np. metoda bisekcji, reguła-falsi (fałszywej liniowości), metoda siecznych, metoda Newtona – Raphsona (stycznych).

Discuss numerical methods for solving nonlinear equations. Discuss in detail the selected method, e.g., iterative methods: bisection method, regula falsi (false position) method, secant method or Newton–Raphson method (tangent method).

23. Omów metody całkowania numerycznego. Omów szczegółowo wybraną metodę, np. złożone kwadratury Newtona – Cotesa, ekstrapolacja Richardsona, metoda Romberga.

Discuss numerical integration. Discuss in detail the selected method, e.g., composite Newton–Cotes quadratures, Richardson extrapolation, Romberg integration (Romberg's method).

24. Wyjaśnij różnicę pomiędzy dyskretyzacją równań różniczkowych metodą *explicit* i *implicit*. Omów wady i zalety każdego z tych podejść i podaj przykłady schematów ich zastosowania.

Explain the difference between explicit and implicit discretization of differential equations. Discuss the advantages and disadvantages of each approach and provide examples of their application schemes.

25. Omów cele i zakres zastosowania metody elementów skończonych (MES)

Discuss the goals and scope of application of the Finite Element Method (FEM).

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:

C. A. Bertulani, *Nuclear Physics in a Nutshell*.

K. S. Krane, *Introductory Nuclear Physics*.

A. Strzałkowski, *Wstęp do fizyki jądra atomowego* [in Polish].

A. S. Lavine, F. P. Incropera, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*.

C. S. Chapra, *Applied Numerical Methods with MATLAB for Engineers and Scientists*.

B. Edward, *Engineers Guide to MATLAB with Applications from mechanical aerospace, electrical and civil, and biological systems engineering*.

C. B. Moler, *Numerical computing with MATLAB*.

R.G. Budynas, J.K. Nisbett, *Shigley's mechanical engineering design.*

Mechanical APDL Users Guide.

Mechanical APDL Theory guide.

Ansys Parametric Design Language Guide.

Ansys Fluent User's guide.

Ansys Fluent Theory guide.

Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera PAN:

Forma egzaminu kierunkowego:

- a) **rozmowa** na temat pracy magisterskiej kandydata lub ostatnio realizowanego projektu, w którym brał/bierze udział / *an interview on the candidate's thesis or a recently implemented project in which he / she participated;*
- b) **dwa pytania** obejmujące zagadnienia chemii fizycznej z listy zagadnień podstawowych A / *two questions covering the issues of basic scope from the A list below;*
- c) **jedno pytanie** z wybranej przez kandydata listy zagadnień dodatkowych B – H / *one question covering the extra scope of the exam from the B-H lists below.*

Lista A - ZAGADNIENIA PODSTAWOWE / List A - basic scope of the exam

A.1 Budowa cząsteczki i rodzaje wiązań chemicznych

- struktura elektronowa atomu a jego pozycja w układzie okresowym pierwiastków;
- rodzaje wiązań chemicznych, elektroujemność;
- orbitale molekularne układów wieloatomowych;

A.1 Structure of the molecules and types of chemical bonds

- *the electronic structure of atoms and their properties vs. position in the periodic table of elements;*
- *types of chemical bonds, the concept of electronegativity;*
- *molecular orbitals of polyatomic systems;*

A.2 Właściwości gazów, termodynamika

- gaz doskonały a gaz rzeczywisty;

- oddziaływania międzycząsteczkowe;
- zasady termodynamiki;
- funkcje termodynamiczne;
- stała równowagi chemicznej (Reguła Le Chateliera-Browna).

A.2 Properties of gases, thermodynamics

- *ideal versus real gas*;
- *intermolecular interactions*;
- *laws of thermodynamics*;
- *thermodynamic functions*;
- *chemical equilibrium constant (Le Chatelier-Brown rule)*.

A.3 Fizykochemia ciała stałego

- stany skupienia materii, struktury krystaliczne;
- elementy teorii pasmowej;
- diagramy i przemiany fazowe (przykłady);
- defekty struktury krystalicznej.

A.3 Physical chemistry of solids

- *states of matter, crystal structures*;
- *elements of the band theory*;
- *diagrams and phase transitions (examples)*;
- *crystal structure defects*.

A.4 Podstawowe metody badania materii

- podstawy dyfraktometrii rentgenowskiej (prawo Bragga);
- podstawy spektroskopii IR i ramanowskiej, (reguły wyboru);
- podstawy spektroskopii UV-vis (Prawo Lamberta-Beera);
- podstawy rentgenowskiej spektroskopii fluorescencyjnej (XRF).

A.4 Basic experimental methods

- *basics of X-ray diffraction (Bragg's law)*;
- *basics of IR and Raman spectroscopy (selection rules)*;
- *basics of UVvis spectroscopy (Beer-Lambert law)*; - *basics of X-ray fluorescence spectroscopy (XRF)*.

Listy B-H - ZAGADNIENIA DODATKOWE / Lists B-H - extra scope of the exam

B. Biokataliza

- hierarchiczna budowa białek;
- budowa i funkcja kwasów nukleinowych (RNA, DNA);
- kataliza enzymatyczna;
- podstawy działania enzymów.

B. Biocatalysis

- *structure of proteins;*
- *structure and function of nucleic acids (RNA, DNA);*
- *enzymatic catalysis;*
- *basics of enzymatic mechanisms.*

C. Fizykochemia bio-nano-struktur

- dyfuzja, współczynnik dyfuzji (dynamiczne rozpraszanie światła);
- zjawiska elektrokinetyczne (potencjał zeta);
- podwójna warstwa elektryczna (modele struktury: Helmholtza, Gouy'a-Chapmana, Sterna).

C. Physicochemistry of bio-nano-structures

- *diffusion, diffusion coefficient (dynamic light scattering);*
- *electrokinetic phenomena (zeta potential);*
- *electrical double layer (structure models: Helmholtz, Gouy-Chapman, Stern).*

D. Metody i zjawiska w fizyce powierzchni

- powierzchniowo czułe metody dyfrakcyjne (LEED, RHEED);
- spektroskopia fotoelektronów w zakresie promieniowania X (XPS);
- mikroskopie ze skanującą sondą (SPM);
- adsorpcja, izotermy adsorpcji.

D. Surface science methods and phenomena

- *surface sensitive diffraction methods (LEED, RHEED);*
- *X-ray photoelectron spectroscopy (XPS);*
- *scanning probe microscopes (SPM);*
- *adsorption, adsorption isotherms.*

E. Właściwości roztworów i elektrolitów

- teorie kwasów i zasad (wg. Brönsteda i Lewisa);
- dysocjacja i przewodnictwo elektrolitów, stopień i stała dysocjacji, reakcje w elektrolitach;

- osmoza i dyfuzja (Prawa Ficka).

E. Properties of solutions and electrolytes

- *theories of acids and bases (according to Brönsted and Lewis);*
- *dissociation and conductivity of electrolytes, degree and constant of dissociation, reactions in electrolytes;*
- *osmosis and diffusion (Fick's laws).*

F. Elementy elektrochemii

- elektroliza i ogniwa elektrochemiczne;
- szereg elektrochemiczny (napięciowy) metali;

F. Elements of electrochemistry

- *electrolysis and electrochemical cells;*
- *electrochemical series of metals;*

G. Zjawiska powierzchniowe gaz/ciało stałe

- adsorpcja, izotermy adsorpcji;
- kataliza heterogeniczna, przykłady reakcji katalitycznych;
- aktywność katalityczna (konwersja, selektywność, TON);

G. Gas / solid surface phenomena

- *adsorption, adsorption isotherms;*
- *heterogeneous catalysis, examples of catalytic reactions;*
- *catalytic activity (conversion, selectivity, TON);*

H. Zjawiska powierzchniowe ciecz/ciało stałe

- adsorpcja i izotermy adsorpcji;
- koloidy (typy, podział, rozmiar i kształt, podwójna warstwa elektryczna, reguła Schulz-Hardy, punkt izoelektryczny, potencjał zeta);
- surfaktanty (właściwości, micelle);
- napięcie powierzchniowe;
- zjawiska kapilarne;

H. Interfacial phenomena liquid/solid

- *adsorption and adsorption isotherms*
- *colloids (types, size, shape, electric double layer, Schulz-Hardy rule, isoelectric point, zeta potential)*
- *surfactants (properties, micelles)*

- surface tension
- capillary action

Instytut Farmakologii im. Jerzego Maja PAN:

forma egzaminu kierunkowego: **egzamin ustny/ prezentacja Kandydata**

form of the examination: oral exam/ candidate's presentation

1. Autoprezentacja/ Self-presentation

Autoprezentacja dotycząca tematyki pracy magisterskiej lub zainteresowań naukowych (max. 5 slajdów – czas prezentacji max. 10 minut). (33%). Wersja elektroniczna prezentacji powinna zostać przesłana co najmniej 5 dni przed egzaminem na adres; sikorska@if-pan.krakow.pl

Self-presentation on the subject of the Master thesis or scientific interests (max. 5 slides; presentation time max. 10 minutes) (33%). The electronic version of the presentation should be sent at least 5 days before the exam to: sikorska@if-pan.krakow.pl

2. Podręcznik/ Book

Dwa pytania (wybrane losowo przez kandydata) obejmujące zagadnienia z podręcznika: Podstawy neurobiologii /Krótkie wykłady Neurobiologia, Alan Longstaff (2012 i późniejsze wydania) zgodnie z listą poniżej (33%):

Sekcja M: Neuroendokrynologia i czynności autonomiczne (rozdziały: M1, M2, M3, M6)

Sekcja N: Rozproszone przekazywanie aminergiczne (rozdziały N1-N4)

Sekcja O: Mózg a zachowanie (rozdziały O1, O2)

Sekcja R: Zagadnienia neuropatologii

Two questions (randomly selected by the candidate) covering the issues in the book Instant Notes, "Neuroscience" Alan Longstaff (2005) from the list below (33%):

Section D: Neurotransmitters (chapters: D4, D5, D6, D7,D8)

Section L: Neuroendocrinology and autonomic functions (chapters: L1, L2,L3, L5)

Section M: Brain and behaviour (chapters:M1,M2,M3)

Section P : Brain disorders

3. Artykuł/Article

Rozmowa na temat jednego wybranego przez kandydata artykułu z listy poniżej:

An interview covering the one selected by the candidate article from the list below:

1. Castrén E, Monteggia LM:. Brain-Derived Neurotrophic Factor Signaling in Depression and Antidepressant Action. Biol. Psychiatry. 2021, 90, 128-136. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2021.05.008>
2. Jiang, M., Wang, L., & Sheng, H. Mitochondria in depression: The dysfunction of mitochondrial energy metabolism and quality control systems. CNS neuroscience & therapeutics, 2024. 30(2), e14576. doi: <https://doi.org/10.1111/cns.14576>
3. Baker M, Hong SI, Kang S, Choi DS. Rodent models for psychiatric disorders: problems and promises. Lab Anim Res. 2020 Apr 15;36:9. doi: <https://doi.org/10.1186/s42826-020-00039-z>
4. Jukic M, Milosavljević F, Molden E, Ingelman-Sundberg M. Pharmacogenomics in treatment of depression and psychosis: an update Trends Pharmacol Sci. 2022 Dec;43(12):1055-1069. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tips.2022.09.011>
5. Nautiyal KM, Hen R. Serotonin receptors in depression: from A to B. F1000 Research 2017, 6(F1000 Faculty Rev):123, 2024 doi: <https://doi.org/10.12688/f1000research.9736.1>
6. Ore A, Angelastro JM, Giulivi C. Integrating Mitochondrial Biology into Innovative Cell Therapies for Neurodegenerative Diseases. Brain Sci. 2024 Sep 5;14(9):899. doi: <https://doi.org/10.3390/brainsci14090899>
7. Gomes FV, Grace AA. Beyond Dopamine Receptor Antagonism: New Targets for Schizophrenia Treatment and Prevention Int J Mol Sci. 2021 Apr 25;22(9):4467. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms22094467>

Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej im. Aleksandra Krupkowskiego PAN:

forma egzaminu kierunkowego: **egzamin ustny i prezentacja Kandydata***

zakres pytań/temat prezentacji:

- 1) Prezentacja głównych zagadnień pracy magisterskiej oraz metod badawczych w niej wykorzystywanych (25%)
- 2) Pytania (3) z zakresu podstaw inżynierii materiałowej (75 %):
 - a) Wiązania między atomami
 - b) Krystalografia - podstawy
 - c) Właściwości mechaniczne materiałów
 - d) Dyfuzja i defekty struktury krystalicznej
 - e) Wykresy fazowe
 - f) Przemiany strukturalne
 - g) Metale i ich stopy, ceramiki i szkła, polimery, kompozyty
 - h) Kształtowanie wyrobów
 - i) Własności elektryczne, magnetyczne, optyczne i cieplne
 - j) Korozja materiałów
 - k) Charakterystyka materiałów

Na podstawie książki: M. Blicharski Inżynieria Materiałowa Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa 2017

Instytut Mechaniki Górotworu PAN:

Forma egzaminu kierunkowego: **prezentacja Kandydata 1) oraz egzamin ustny 2)**

*Form of the examination: **Candidate's presentation 1) and oral exam 2)***

- 1) Prezentacja głównych zagadnień pracy magisterskiej oraz metod badawczych w niej wykorzystywanych (25%) / Presentation of the main issues of the master thesis and the research methods used in it (25%)
- 2) 2 pytania z zakresu tematyki badawczej związanym z tematem badawczym, do którego aplikuje kandydat (75%)/ 2 questions on research topics related to the research topic to which the candidate is applying:

zakres pytań/ *basic scope of the exam:*

- a. Równanie ciągłości strugi,
Continuity equation
- b. Straty w przepływie płynu rzeczywistego w przewodzie zamkniętym
Losses in the flow of a real fluid in a closed conduit
- c. Omów mechanizmy wymiany energii
Discuss Heat Transfer Methods
- d. Omów liczby kryterialne najczęściej stosowane w teorii wymiany masy i energii, opisz jaka jest ich rola
Discuss the criterion numbers most frequently used in the theory of mass and heat transfer, and describe their role
- e. Wyrażanie niepewności pomiaru: - źródła niepewności pomiarów
 - pomiar pośredni/bezpośredni,
 - metody obliczania niepewności (typ A i B),
 - niepewność standardowa, niepewność rozszerzona

Uncertainty evaluation sources of uncertainty

 - direct and indirect measurements
 - expression of uncertainty in measurement (type A, type B)
 - - standard and expanded uncertainty
- f. Omów pojęcie strat energii cieplnej, wraz ze sposobami ich redukcji
Discuss the concept of thermal energy losses and how to reduce them
- g. Omów zagadnienie określania zapotrzebowania na moc cieplną dla budynku mieszkalnego wolnostojącego
Discuss the issue of determining the thermal power demand for a detached residential building
- h. Pompy ciepła - zasada działania, rodzaje pomp ciepła
Heat pumps - principle of operation, types of heat pumps
- i. Modelowanie procesów cieplnych. Najważniejsze elementy dobrych praktyk modelowania numerycznego metodą objętości skończonej

Modeling of thermal processes The most important elements of good practices in numerical modelling using the finite volume method

- j. Sposoby magazynowania energii cieplnej
Methods of storing thermal energy

Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN:

forma egzaminu kierunkowego: **egzamin ustny i prezentacja Kandydata***

Temat prezentacji Kandydata:

Autoprezentacja dotycząca tematyki pracy magisterskiej i/lub zainteresowań naukowych. Max. 5 slajdów przejrzystych w formie wydruków dla każdego członka Komisji Rekrutacyjnej (5 kopii) – czas prezentacji max. 10 minut (30%)

Self-presentation on the subject of the Master thesis or/and scientific interests. 5 transparent slides in the form of printouts for each member of the Recruitment Committee (5 copies) - presentation time max. 10 minutes (30%).

Egzamin ustny - zakres pytań:

Cztery pytania obejmujące zagadnienia inżynierii środowiska, górnictwa i energetyki z poniższej listy (70%).

Four questions covering the issues of Environmental engineering, mining and energy from the list below (70%).

Pytania dla Kandydata z zakresu odnawialnych źródeł energii:

1. Omów podstawowe surowce energetyczne oraz kierunki i uwarunkowania ich stosowania.

Discuss the basic energy resources as well as the directions and conditions of their use.

2. Omów rynek energii i rynek paliw w Polsce – podstawowe cechy

Discuss the energy market and the fuel market in Poland – basic features.

3. Przedstaw charakterystykę głównych odnawialnych źródeł energii (w tym energii geotermalnej) oraz kierunki i uwarunkowania ich stosowania.

Present the characteristics of the main renewable energy sources (including geothermal energy) and the directions and conditions of their use.

4. Omów zjawisko dywersyfikacji źródeł surowców energetycznych i paliw dla polskiej gospodarki oraz tendencje zmian w tym zakresie.

Discuss the phenomenon of diversification of energy resources and fuels for the Polish economy and the trends of changes in this area.

5. Przedstaw klasyfikację zasobów energii geotermalnej, kryteria klasyfikacji, przykładowy podział zasobów wg wskazanego kryterium. Odniesienie się do warunków Polskich – jakie zasoby występują dla wybranego kryterium.

Discuss the classification of geothermal energy resources, classification criteria, an exemplary of resources types according to the indicated criterion. Reference to Polish conditions - what resources are there for the selected criterion.

6. Omów definicję i podaj przykłady pośredniego i bezpośredniego wykorzystania energii geotermalnej. Jakie są ograniczenia związane z pośrednim i bezpośrednim wykorzystaniem energii geotermalnej.

Discuss the definition and give examples of indirect and direct use of geothermal energy. What are the limitations associated with the indirect and direct use of geothermal energy?

7. Omów definicję zapotrzebowania na energię użytkową, końcową i pierwotną.

Discuss the definition of the demand for useful, final and primary energy.

8. Przedstaw sposoby sterowania mocą dostarczoną dla instalacji grzewczych - zalety i wady.

Present the methods of controlling the power supplied for heating installations - advantages and disadvantages.

9. Omów zagadnienie strat energii cieplnej dla typowego obiektu komunalnego, udział procentowy poszczególnych mechanizmów na które obiekt wymienia energię z otoczeniem. Stosowane sposoby redukcji strat ciepła wraz z oceną efektów ich stosowania.

Discuss the issue of heat energy losses for a typical municipal facility, the percentage share of individual mechanisms for which the facility exchanges energy with the environment. The methods of reducing heat losses with the assessment of the effects of their application.

10. Pompy ciepła – definicja, krajowy rynek pomp ciepła, rodzaje stosowanych pomp ciepła, zalety i wady dla dwóch wybranych, najbardziej popularnych technologii. Ocena ilościowe efektów wykorzystania pomp ciepła, mierniki efektywności, zakresy wartości jakie mierniki te przyjmują.

Heat pumps – definition, domestic market of heat pumps, types of heat pumps used, advantages and disadvantages for the two selected, most popular technologies. Quantitative assessment of the effects of using heat pumps, efficiency measures, ranges of values that these measures take.

Pytania dla Kandydata z zakresu inżynierii środowiska:

1. Przedstaw obowiązki przedsiębiorcy górniczego w zakresie rekultywacji terenów pogórnich w Polsce. Zagadnienie przedstaw opierając się na przykładach.

Describe the responsibilities of a mining entrepreneur regarding the reclamation of post-mining areas in Poland. Use examples to illustrate this issue.

2. Scharakteryzuj główne kierunki rekultywacji i zagospodarowania terenów pogórnich w Polsce opierając się na przykładach z górnictwa odkrywkowego i podziemnego

Characterize the main directions of reclamation and development of post-mining areas in Poland, based on examples from open-pit and underground mining.

3. Rekultywacja i rewitalizacja – scharakteryzuj pojęcia i podaj przykłady.

Reclamation and revitalization – characterize the concepts and provide examples.

4. Omów metody oczyszczania ścieków – fizyczne, chemiczne, biologiczne. Podaj przykłady wykorzystania dla różnych strumieni ścieków.

Discuss the methods of wastewater treatment - physical, chemical, biological. Give examples of use for different waste water streams.

5. Przedstaw metody uzdatniania oraz odzysku wody. Przedstaw ich wady i zalety oraz podaj przykłady instalacji odzysku wody w Polsce i na świecie.

Present the methods of water treatment and recovery. Present their advantages and disadvantages and give examples of water recovery installations in Poland and in the world.

6. Wymień grupy krzemianów i glinokrzemianów i omów szczegółowo budowę wewnętrzną glinokrzemianów przestrzennych.

List the groups of silicates and aluminosilicates and discuss in detail the internal structure of spatial aluminosilicates.

7. Omów zjawisko sorpcji z wyróżnieniem sorpcji chemicznej i fizycznej, wyjaśnij różnicę pomiędzy adsorpcją i absorpcją.

Discuss the sorption phenomenon with the distinction of chemical and physical sorption, explain the difference between adsorption and absorption.

8. Omów zjawisko eutrofizacji, strategie ochrony wód przed zanieczyszczeniem surowcami biogenicznymi ze źródeł antropogenicznych oraz kierunki przeciwdziałania eutrofizacji.

Discuss the phenomenon of eutrophication, strategies of water protection against contamination with biogenic raw materials from anthropogenic sources and the directions of counteracting eutrophication.

9. Omów zjawisko dyfrakcji rentgenowskiej oraz znaczenie techniki pomiarowej metodą dyfrakcji niskokątowej.

Discuss the phenomenon of X-ray diffraction and the importance of the measurement technique using the low-angle diffraction method.

10. Scharakteryzuj metody analiz ilościowych i jakościowych oraz podaj przykłady technik pomiarowych.

Characterize the methods of quantitative and qualitative analysis and give examples of measurement techniques.

11. Scharakteryzuj budowę wewnętrzną minerałów ilastych i zeolitów oraz jej wpływ na właściwości sorpcyjne, jonowymienne i katalityczne.

Characterize the internal structure of clay minerals and zeolites and its influence on sorptionion exchange and catalytic properties.

12. Scharakteryzuj typy reakcji chemicznych oraz podaj przykłady i istotę tych reakcji ze szczególnym omówieniem reakcji syntezy.

Characterize the types of chemical reactions and give examples and the essence of these reactions with a special discussion of the synthesis reactions.

Pytania dla Kandydata z zakresu górnictwa

1. Omów klasyfikację zasobów kopalin w Polsce i porównaj ją do innych klasyfikacji obowiązujących w Europie i na świecie.

Discuss the classification of mineral resources in Poland and compare it to other classifications in force in Europe and in the world.

2. Omów podstawowe założenia polityki surowcowej Polski w kontekście bezpieczeństwa surowcowego kraju zgodnie z ostatnim obowiązującym dokumentem.

Discuss the basic assumptions of Poland's raw material policy in the context of the country's raw material security in accordance with the last document in force.

3. Przedstaw charakterystykę surowców krytycznych dla Unii Europejskiej w kontekście ich znaczenia gospodarczego.

Present the characteristics of critical raw materials for the European Union in the context of their economic importance.

4. Scharakteryzuj potencjał zasobowy Polski.

Characterize the resource potential of Poland.

5. Scharakteryzuj potencjał zasoby Polski w kontekście dostaw surowców krytycznych dla UE

Characterize Poland's resource potential in the context of the supply of critical raw materials for the EU.

6. Scharakteryzuj potencjał zasobowy Polski w kontekście polityki energetycznej Polski i UE

Characterize Poland's resource potential in the context of Polish and EU energy policy.

7. Omów stan górnictwa w Polsce z uwzględnieniem kopalin skalnych, energetycznych, chemicznych i metalicznych

Discuss the state of mining in Poland, taking into account all types of extracted minerals.

8. Potencjał Polski w zakresie surowców metalicznych – stan obecny i perspektywy rozwoju.

Poland's potential in the field of metallic raw materials - current status and development prospects.

9. Scharakteryzuj strukturę importu i eksportu gazu ziemnego, ropy naftowej, miedzi i żelaza do Polski w ostatnim pięcioleciu.

Characterize the structure of imports and exports of natural gas, crude oil, copper and iron to Poland in the last five years.

10. Bariery rozwoju górnictwa w Polsce i UE.

Barriers to the development of mining in Poland and the EU.

Pytania dla Kandydata do z zakresu gospodarki o obiegu zamkniętym:

1. Omów pojęcie, zakres i filozofię gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ) w kontekście gospodarki surowcami pierwotnymi i wtórnymi, w szczególności w kontekście implementacji GOZ w Polsce.

Characterize the concept, scope and philosophy of the circular economy (CE) in the context of primary and secondary raw materials management, in particular in the context of the implementation of circular economy in Poland.

2. Przedstaw przykłady zastosowań wybranych materiałów odpadowych w inżynierii i ochronie środowiska (w tym np. odpadów komunalnych, osadów ściekowych, popiołów ze spalania osadów ściekowych, popiołów lotnych i innych nośników krzemionki).

Present examples of possible applications of selected waste materials in engineering and environmental protection (including, for example, municipal waste, sewage sludge, ashes from sewage sludge incineration, fly ash and other silica carriers).

3. Omów podstawowe założenia dla wody w gospodarce o obiegu zamkniętym (GOZ).

Discuss the basic assumptions of water in a circular economy (CE).

4. Omów technologie odzysku surowców z odpadów, ze szczególnym uwzględnieniem surowców biogenicznych. Przedstaw ich wady i zalety oraz podaj przykłady w Polsce i na świecie.

Discuss the technologies of raw material recovery from waste, with particular emphasis on biogenic raw materials. Present their advantages and disadvantages and give examples of water recovery installations in Poland and in the world.

5. Omów możliwości wykorzystania odpadów wydobywczych. Podaj przykłady z Polski i świata.

Discuss the potential uses of mining waste. Provide examples from Poland and in the world.

6. Opisz możliwości odzysku metali ze źródeł odpadowych opierając się na przykładach z Polski i Europy.

Describe the possibilities of recovering metals from waste sources, based on examples from Poland and Europe.

7. Omów bariery rozwoju odzysku metali ze źródeł odpadowych w Polsce i na świecie.

Discuss the barriers to the development of metal recovery from waste sources in Poland and in the world.

8. Podaj i scharakteryzuj podstawowe źródła wtórne surowców krytycznych i możliwości ich odzysku.

List and characterize the main secondary sources of critical raw materials and the possibilities of their recovery.

9. Scharakteryzuj stan rozwoju odzysku metali, w tym surowców krytycznych w Polsce i UE.

Characterize the state of development of metal recovery, including critical raw materials, in Poland and the EU.

Pytania dla Kandydata z zakresu energetyki:

1. Scharakteryzuj strukturę zużycia nośników energii pierwotnej oraz strukturę wytwórczą energii elektrycznej w Polsce. Omów bilans podstawowych nośników energii (produkcja krajowa, import/eksport, etc.).

Characterize the structure of consumption of primary energy carriers and the structure of electricity production (energy mix) in Poland. Discuss the balance of the main primary energy carriers (domestic production, import/export, etc.).

2. Scharakteryzuj koszty stałe i koszty zmienne w górnictwie węgla kamiennego i energetyce.

Characterize fixed and variable costs in hard coal mining and power generation sectors.

3. Omów wybrane technologie kogeneracji i trigeneracji stosowane w energetyce i ich rolę w dekarbonizacji gospodarki.

Discuss the selected cogeneration and trigeneration technologies used in the energy sector and their role in the decarbonisation of the economy.

4. Scharakteryzuj rolę indeksów (wskaźników) cenowych na globalnym rynku surowców – podstawowe indeksy cenowe dla węgla kamiennego, ropy naftowej i gazu ziemnego.

Characterize the role of price indices on the global commodity market – basic price indices for hard coal, crude oil and natural gas.

5. Przedstaw najważniejsze aspekty funkcjonowania rynku energii elektrycznej oraz rynku mocy w Polsce.

Present the main aspects of the of the electricity market and the capacity market functioning in Poland.

6. Wymień najważniejsze regulacje/polityki klimatyczno-energetyczne funkcjonujące na poziomie Unii Europejskiej i omów ich wpływ na sektor paliwowo-energetyczny.

Give examples of the most important climate and energy regulations/policies functioning at the European Union level and discuss their impact on the fuel and energy sector.

7. Omów najważniejsze ograniczenia rozwoju krajowego systemu elektroenergetycznego w podziale na czynniki zasobowe, technologiczne, regulacyjne/prawne, środowiskowe oraz społeczne.

Discuss the most important constraints on the development of the national power system broken down by resource, technological, regulatory/legal, environmental and social factors.

8. Wymień i krótko scharakteryzuj istniejące technologie energetyczne. Jakie są główne elementy składające się na system wytwarzania energii elektrycznej?

What types of power generation technologies exist? What are the major elements of a power system?

9. Omów główne cechy charakteryzujące model rynku doskonale konkurencyjnego.

What are the major forces that drive a perfectly competitive market?

10. Scharakteryzuj i wykaż różnice w stosowanych w modelach optymalizacyjnych systemów wytwarzania energii elektrycznej podejściach: ekonomicznego rozdziału obciążeń (economic dispatch) oraz doboru jednostek (unit commitment).

Characterize and discuss what is the difference between economic dispatch and unit commitment optimization models?

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie:

- **nauki inżynieryjno-techniczne, dyscyplina inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka:**

forma egzaminu kierunkowego: **egzamin ustny/prezentacja Kandydata***

Egzamin będzie polegał na autoprezentacji Kandydata w formie ustnej wypowiedzi zawierającej:

- przedstawienie uzyskanego doświadczenia, głównie z zakresu zagadnień pracy magisterskiej;
- planowane podejście do pracy doktorskiej;
- tematyka, zarys koncepcji, motywacja.

Wypowiedź/prezentacja w sumie nie powinna przekraczać 10 min. Kandydat może, ale nie musi przygotować bardzo krótką prezentację dotyczącą omawianego zakresu.

Następnie Kandydatowi zostaną zadane pytania w oparciu o poniższe zagadnienia:

1. Promieniotwórczość (odkrycie, źródła, znaczenie w aspekcie technologii jądrowych).
2. Technologie reaktorów jądrowych.

3. Awarie i wypadki jądrowe (skala INES, znacznie, skutki).
4. Bezpieczeństwo jądrowe.
5. Zasady ochrony radiologicznej wraz z podstawami dozymetrii.
6. Jądrowy cykl paliwowy.
7. Aspekty energetyczne, środowiskowe i ekonomiczne spalania paliw.
8. Transformacja energetyczna. Rola energetyki jądrowej w transformacji energetycznej.
9. Gospodarka odpadami promieniotwórczymi.
10. Instytucje w Polsce i na świecie zajmujące się aktami prawnymi czy normami odpowiadające za bezpieczeństwo jądrowe (charakterystyka, rola).

Proponowana literatura:

1. John R. Lamarsh, Anthony J. Baratta, "Introduction to Nuclear Engineering", Pearson, 2001
2. Advanced Nuclear Fuel Cycles and Radioactive Waste Management, NEA/OECD, 2006
3. M. Kielkiewicz " Jądrowe reaktory energetyczne" WNT, 1978
4. Z. Celiński „Energetyka jądrowa a środowisko”
5. Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe (Dz. U. 2001 Nr 3 poz. 18) z późniejszymi zmianami
6. James J. Duderstadt, Louis J. Hamilton, "Nuclear Reactor Analysis", Wiley, 1976
7. Kubowski J., Nowoczesne elektrownie jądrowe, WNT, Warszawa 2010
8. Kubowski J., Elektrownie jądrowe, WNT, 2014
9. High-temperature Gas-cooled Reactors and Industrial Heat Applications © OECD 2022 NEA No. 7629

The examination will consist of the Candidate's self-presentation in the form of an oral statement including:

- *a presentation of the Candidate's acquired experience, primarily related to the subject matter of the master's thesis;*
- *the planned approach to doctoral research*
- *research topic, outline of the concept, and motivation.*

The total duration of the statement/presentation should not exceed 10 minutes. The Candidate may, but is not required to, prepare a very short presentation related to the discussed scope.

Subsequently, the Candidate will be asked questions based on the following topics:

1. *Radioactivity (discovery, sources, and significance in the context of nuclear technologies).*
2. *Nuclear reactor technologies.*
3. *Nuclear accidents and incidents (INES scale, significance, consequences).*
4. *Nuclear safety.*
5. *Principles of radiological protection with basis of dosimetry.*
6. *Nuclear fuel cycle.*
7. *Energy, environmental, and economic aspects of fuel combustion.*
8. *Energy transition. The role of nuclear power in the energy transition.*
9. *Radioactive waste management.*
10. *Institutions in Poland and worldwide responsible for legal acts or standards related to nuclear safety (characteristics and roles).*

Suggested literature:

1. John R. Lamarsh, Anthony J. Baratta, "Introduction to Nuclear Engineering", Pearson, 2001
2. Advanced Nuclear Fuel Cycles and Radioactive Waste Management, NEA/OECD, 2006
3. M. Kiełkiewicz "Jądrowe reaktory energetyczne" WNT, 1978
4. Z. Celiński „Energetyka jądrowa a środowisko”
5. Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe (Dz. U. 2001 Nr 3 poz. 18) z późniejszymi zmianami
6. James J. Duderstadt, Louis J. Hamilton, "Nuclear Reactor Analysis", Wiley, 1976
7. Kubowski J., Nowoczesne elektrownie jądrowe, WNT, Warszawa 2010
8. Kubowski J., Elektrownie jądrowe, WNT, 2014
9. High-temperature Gas-cooled Reactors and Industrial Heat Applications © OECD 2022 NEA No. 7629

Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki:

- **nauki inżynieryjno-techniczne, dyscyplina inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka:**

forma egzaminu kierunkowego: **egzamin ustny/prezentacja Kandydata***

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

Lista pytań:

1. Jak nazywa się obieg cieplny wykorzystywany w klasycznych elektrowniach parowych i z jakich elementów się składa?
2. Jak definiuje się ciepło właściwe?
3. Jaka jest zależność między temperaturą nasycenia wody, a jej ciśnieniem?
4. Jak definiuje się sprawność energetyczną obiegu termodynamicznego?
5. Jakie zanieczyszczenia wody powodują jej korozyjne działanie na ścianki stalowe?
6. Jakie zjawisko odpowiada za główne ograniczenia technologiczne elektrowni węglowych w kontekście szybkiej regulacji mocy w systemie elektroenergetycznym?
7. Jakimi parametrami muszą cechować się zbiorniki ciśnieniowe?
8. Z czym jest związane zjawisko stratyfikacji termicznej w zbiorniku ciepłej wody użytkowej?
9. W jaki sposób wyznacza się długość promienia hydraulicznego przy całkowitym napełnieniu kanału o przekroju kołowym?
10. Jakie są główne różnice pomiędzy budową i zasadą działania obiegów elektrowni jądrowych wykorzystujących reaktory PWR oraz reaktory BWR?

Literatura

1. F. Strzelczyk, M. Pawlik "Elektrownie", PWN, 2016.
2. P. Orłowski, W. Dobrzański, E. Szwarc "Kotły parowe konstrukcja i obliczenia", WNT, 1979.
3. J. Taler, P. Duda "Rozwiązywanie prostych i odwrotnych zagadnień przewodzenia ciepła", WNT, 2003.
4. M. Fulcher "Handbook of Nuclear Power Plants", CLANRYE INTERNATIONAL, 2015.

List of questions:

1. *What is the name of the thermal cycle used in classic steam power plants and what elements does it consist of?*
2. *How is specific heat defined?*
3. *What is the relationship between the saturation temperature of water and its pressure?*
4. *How is the energy efficiency of a thermodynamic cycle defined?*
5. *What water contaminants cause its corrosive effect on steel walls?*
6. *What phenomenon is responsible for the main technological limitations of coal-fired power plants in the context of rapid power regulation in the power system?*
7. *What parameters must pressure vessels have?*
8. *What is the phenomenon of thermal stratification in a domestic hot water tank related to?*

9. *How is the length of the hydraulic radius determined when a circular cross-section channel is completely filled?*
10. *What are the main differences between the design and operation of nuclear power plant circuits using PWR reactors and BWR reactors?*

Literature

1. *F. Strzelczyk, M. Pawlik, "Power Plants," PWN, 2016.*
2. *P. Orłowski, W. Dobrzański, E. Szwarc "Steam boilers: design and calculations", WNT, 1979.*
3. *J. Taler, P. Duda, "Solving Simple and Inverse Heat Conduction Problems," WNT, 2003.*
4. *M. Fulcher, Handbook of Nuclear Power Plants, CLANRYE INTERNATIONAL, 2015.*

**niepotrzebne skreślić*