

## Harmonogram postępowania rekrutacyjnego i zakres egzaminów

### Harmonogram postępowania rekrutacyjnego:

Nabór wniosków:	<p><b>1. Poczta tradycyjna</b> – na adres: Krakowska Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska, Instytut Fizyki Jądrowej PAN, ul. Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków w dniach <b>od 19.06.2023 r. do 23.06.2023 r</b></p> <p><b>2. ePUAP</b> – od <b>19.06.2023 r. do 23.06.2023 r.</b>, oryginały dokumentów przesłanych przez ePUAP należy przedstawić w sekretariacie KISD w celu potwierdzenia zgodności z oryginałem, najpóźniej do dnia egzaminu kwalifikacyjnego. Instrukcja składania wniosków przez ePUAP.</p> <p><b>3. Osobiście</b> – w siedzibie Instytutu Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego PAN przy ul. Radzikowskiego 152 w Krakowie w Sekretariacie Krakowskiej Interdyscyplinarnej Szkoły Doktorskiej (bud. 5, parter, pok. 5224) w dniach: <b>od 19.06.2023 r. do 23.06.2023 r.</b>, w godzinach <b>9.00 – 14.00</b>.</p>
Weryfikacja wniosków pod względem formalnym:	<b>do 05.07.2023 r.</b>
Publikacja szczegółowego harmonogramu egzaminu kierunkowego:	<b>do 07.07.2023 r.</b>
Publikacja list rankingowych:	<b>do 17.07.2023 r.</b>
Publikacja listy doktorantów:	<b>do 19.07.2023 r.</b>
Termin na złożenie oświadczenia o niepodjęciu kształcenia w innej szkole doktorskiej:	<b>do 26.07.2023 r. godz.14.00</b>
Ogłoszenie rekrutacji uzupełniającej:	<b>do 08.08.2023 r.</b>

## Zakres egzaminów:

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

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

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

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

zakres pytań/ scope of the examination:

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

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

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

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

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

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

**Pytania z podstawowych zagadnień fizyki cząstek elementarnych-dla kandydatów do Oddziału Fizyki i Astrofizyki Cząstek/ Questions on the basic issues of particle physics - for candidates for the Division of Particle and Astroparticle Physics:**

1. Porównanie zderzeń w kolajderze 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.  
Higgs mechanism. Discovery of the Higgs boson.
14. Liczba lekkich neutrin; ewidencja eksperymentalna.  
Number of light neutrinos; experimental evidence.
15. Kolor: dowody doświadczalne.  
Color quantum number: experimental evidence.
16. Główne cechy modelu partonów; rozpraszanie głęboko nieelastyczne lepton-nukleon.  
Main features of the parton model; deep inelastic lepton-nucleon scattering.
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. Podstawowe cechy promieniowania kosmicznego.



Basic features of cosmic rays.

21. Problemy Modelu Standardowego. Przykład teorii poza Modelem Standardowym  
Shortcomings of the Standard Model. Example of theory beyond the Standard Model
22. Podstawowe własności wielkich pęków atmosferycznych.  
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. Eksperymentalna ewidencja na istnienie słabych prądów neutralnych. Odkrycie bozonów W i Z.  
Experimental evidence for weak neutral currents. Discovery of the W and Z bosons.

**Pytania z podstawowych zagadnień fizyki jądrowej – dla kandydatów do Oddziału Fizyki Jądrowej i Oddziaływań Silnych/ Questions on the basic issues of nuclear physics - for candidates for the Division of Nuclear Physics and Strong Interactions:**

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, atomy mionowe, spektrometria masowa, spektroskopia gamma).  
Methods for determining the basic properties of atomic nuclei (electron scattering, muon atoms, 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. Oddziaływania trójnukleonowe. Properties of nuclear forces. Nucleon-nucleon interaction. Three nucleon interaction.
6. Modele jądra atomowego: model kropli cieczy, model gazu Fermiego, model pola średniego (potencjał Saxona-Woodsa), model powłokowy i liczby magiczne. Models of atomic nucleus: liquid drop model, Fermi gas model, mean field model (Saxon-Woods potential), shell model and magic numbers.
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, rozpraszanie elastyczne, nieelastyczne, reakcje głęboko-nieelastyczne, rozszczepienie, rozpraszanie kulombowskie. Reaction models: direct reactions, compound nucleus reactions, elastic and inelastic scattering, deep-inelastic reactions, fission, 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 Graaff, 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 ( $\sqrt{s}$ ), rapidity i pseudorapidity, pęd poprzeczny, masa poprzeczna, masa niezmiennicza)  
Kinematic variables in high energy physics (energy in the center of mass ( $\sqrt{s}$ ), 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. Wielkie eksperymenty w fizyce jądrowej: ALICE na LHC i AGATA.  
Large experiments in nuclear physics: ALICE at LHC and AGATA
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: diagnostyka i terapia nowotworów.  
Applications of nuclear physics: cancer diagnosis and therapy.
25. Reaktor jądrowy, elektrownie jądrowe i termojądrowe, bomba jądrowa, wodorowa i inne).  
The nuclear reactor, nuclear and fusion power plants, nuclear and hydrogen bombs and others.

W przygotowaniu do egzaminu użyteczne mogą się okazać między innymi następujące pozycje z literatury:

Carlos A. Bertulani "Nuclear Physics in a Nutshell"  
Kenneth S. Krane "Introductory Nuclear Physics"  
Adam Strzałkowski „Wstęp do fizyki jądra atomowego”  
Teo Mayer-Kuckuck "Introduction to Nuclear Physics"

J. Bartke "Introduction to Relativistic Heavy Ion Physics" Hackensack, USA: World Scientific (2009).

Note: among others, the following literature items may be useful in preparing for the exam.

Carlos A. Bertulani "Nuclear Physics in a Nutshell"

Kenneth S. Krane "Introductory Nuclear Physics"

Adam Strzałkowski „Wstęp do fizyki jądra atomowego” (in Polish)

Teo Mayer-Kuckuck "Introduction to Nuclear Physics"

J. Bartke "Introduction to Relativistic Heavy Ion Physics" Hackensack, USA: World Scientific (2009)

<https://www.agata.org/>

<https://alice-collaboration.web.cern.ch/>

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

**Pytania z podstawowych zagadnień fizyki ciała stałego – dla kandydatów do Oddziału Fizyki Materii Skondensowanej/ Questions on the basic issues of solid state physics - for candidates for the Division of Condensed Matter Physics:**

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. Definicja materii miękkiej według Pierre-Gilles de Gennes'a. Wytłumaczyć tę definicję i podać przykłady materii miękkiej.  
Definition of soft matter according to Pierre-Gilles de Gennes. Explain this definition and give examples of soft matter.
6. Przejścia fazowe: klasyfikacja Ehrenfesta, przykłady przemian fazowych I i II rodzaju, teoria Landaua przejść fazowych drugiego rodzaju.  
Phase transitions: the Ehrenfest classification, examples of phase transitions of I and II order, the Landau theory of the second order phase transitions.
7. Termodynamiczne własności materiałów: pojemność cieplna, najprostsze modele ciał stałych, model Debye'a i model Einsteina.

Thermodynamic properties of materials: heat capacity, the simplest models of solids, the Debye and the Einstein models.

8. Materiały magnetyczne i ich zastosowanie (magnesy twarde, miękkie i półtwarde).  
Magnetic materials and their applications (hard, soft and semi-hard magnets).
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 i konformacyjnie nieuporządkowane, stany przechłodzone i szkliste. Wpływ nieporządku molekularnego na własności materii miękkiej.  
Partially disordered phases: plastic-crystal phases and conformationally disordered phases, supercooled 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: podstawowe mechanizmy i zastosowania.  
Superconductivity: basic mechanisms and applications.
13. Magnetoptyczny efekt Kerra: definicja i zastosowanie.  
The magnetoptyc Kerr effect: definition and application.
14. Ferroiki, multiferroiki i domeny ferroiczne.  
Ferroics, multiferroics and ferroic domains.
15. Nanostruktury węglowe: fullereny, nanorurki, grafen...  
Carbon nanostructures: fullerenes, nanotubes, graphene...
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. Fotelektryczne zjawisko wewnętrzne; diody świecące i zasady fotowoltaiki.  
Internal photoelectric effect; light-emitting diodes and photovoltaic principles.

18. Pośrednie stany skupienia i materia miękka: rodzaje mezofaz z klasyfikacją faz ciekłokrystalicznych. Mikroskopia w świetle spolaryzowanym jako jedna z metod identyfikacji mezofaz.  
Mesophases and soft matter: types of mesophases with the classification of liquid crystal phases. Polarized light microscopy as one of the methods of mesophase identification.
19. Dyfrakcyjne metody w badaniach struktury ciał stałych: sieć odwrotna, prawo Bragga, zastosowanie różnych rodzajów promieniowania.  
Diffraction methods in the studies of structure of solid state materials: reciprocal lattice, 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. Ruchy stochastyczne w materii skondensowanej widziane metodą spektroskopii relaksacyjnej (szerokopasmowa spektroskopia dielektryczna).  
Stochastic motions in condensed matter as seen by relaxation spectroscopy (broadband dielectric spectroscopy).
22. Badanie struktury powierzchni ciał stałych: skaningowy mikroskop elektronowy, transmisyjny mikroskop elektronowy.  
Surface structure studies of solids: scanning electron microscope, 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.

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

1. Wyjaśnij pojęcie Transformaty Fouriera i omów jej zastosowanie w spektroskopii magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR), obrazowaniu magnetyczno-rezonansowym (MRI), spektroskopii w podczerwieni (FTIR) lub innej metodzie pomiarowej.  
Explain the term Fourier Transform and describe its application in nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopy, magnetic resonance imaging (MRI), Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), or other research methods.

2. Wyjaśnij pojęcie Transformaty Laplace'a i omów jej zastosowanie w analizie wyników pomiarów relaksacyjnych lub dyfuzyjnych  
Explain the term Laplace Transform and describe its application for analysis of the relaxation or diffusion data.
3. Przedstaw sposób wytwarzania, charakterystykę i właściwości promieniowania rentgenowskiego oraz charakterystycznego promieniowania X. Podaj obowiązujące reguły wyboru dla przejść dipolowych i kwadrupolowych.  
Present the production method and properties of X-rays and characteristic X-rays. Give the applicable selection rules for dipole and quadrupole transitions.
4. Dokonaj charakterystyki promieniowania jonizującego, przedstaw dwa przykłady wytwarzania tego promieniowania, wyjaśnij pojęcie średniego czasu życia dla izotopów promieniotwórczych oraz podaj jego związek z czasem połowicznego rozpadu promieniotwórczego.  
Describe properties of ionizing radiation. Give two examples how to produce such radiation. Explain what is the mean lifetime of a radioactive isotope and how it is related to its half-life.
5. Omów skutki narażenia człowieka na promieniowanie jonizujące. Dokonaj charakterystyki wielkości fizycznych związanych z ochroną radiologiczną i podaj przykłady wykorzystania promieniowania jonizującego w diagnostyce i terapii.  
Discuss medical effects and risks of exposure to ionizing radiation. Characterize physical quantities relevant for radiation protection. Give some examples of ionizing radiation application for both diagnostic and therapeutic purposes.
6. Omów ruch cząstki naładowanej w polu elektrycznym i magnetycznym. Wyjaśnij pojęcie częstości cyklotronowej. Omów zasadę działania cyklotronu, generatora typu Van de Graaff'a oraz separatora masowego.  
Describe the motion of a charged particle in the presence of electric and magnetic field. Explain cyclotron frequency term. Explain the operation principle of the following devices: 1) cyclotron 2) Van de Graaff generator 3) mass separator.
7. Podaj przykłady trzech dowolnych typów detektorów promieniowania jonizującego i omów zasadę ich działania.  
Give three examples of ionizing radiation detectors and explain how they work.
8. Wyjaśnij zjawisko jądrowego rezonansu magnetycznego i omów zastosowanie tego zjawiska w medycynie.  
Explain nuclear magnetic resonance phenomenon and describe its application in medicine.
9. Dokonaj charakterystyki promieniowania synchrotronowego, omów mechanizm jego wytwarzania, zalety i wady z punktu widzenia eksperymentu w zastosowaniach biomedycznych. Wyjaśnij różnicę pomiędzy undulatorem a wigglerem.



Describe properties of synchrotron radiation and mechanisms of its creation. Discuss the advantages and disadvantages of this method in biomedical experiments. Explain the difference between undulator and wiggler.

10. Omów mechanizm oddziaływania neutronów z materią, wyjaśnij pojęcia neutronów termicznych, dyfrakcji i polaryzacji neutronów.  
Describe the interaction mechanism of neutrons with matter. Explain the following terms: 1) thermal neutrons 2) neutron diffraction and 3) neutron polarization.
11. Przedstaw istotę zjawiska Mőssbauera i wyjaśnij jego znaczenie dla badań strukturalnych.  
Explain Mőssbauer effect and its importance for structural research.
12. Omów zjawiska towarzyszące oddziaływaniom promieniowania elektromagnetycznego z materią. Podaj zależności przekroju czynnego na te zjawiska od energii promieniowania.  
Describe physical phenomena related to electromagnetic radiation interaction with matter. Describe the cross section - energy dependence for these phenomena.
13. Zaproponuj materiały jakie można wykorzystać do budowy osłon radiologicznych przed promieniowaniem różnego typu. Uzasadnij swoje propozycje.  
Propose some materials for radiological shielding for different types of ionizing radiation. Explain your choice of materials.
15. Omów podstawy fizyczne i zasadę działania spektrometru w podczerwieni oraz podaj przykłady zastosowań metody spektroskopii w podczerwieni.  
Explain physical basics, principle of operation of infrared spectrometer and present examples of application of infrared spectroscopy.
16. Omów podstawy fizyczne i zasadę działania spektrometru ramanowskiego oraz podaj przykłady zastosowań metody spektroskopii ramanowskiej.  
Explain physical basics, principle of operation of Raman spectrometer and present examples of application of Raman spectroscopy.
17. Omów podstawy fizyczne i zasadę działania mikroskopu sił atomowych oraz podaj przykłady jego zastosowań  
Explain physical basics, principle of operation of atomic force microscope and present examples of its application.
18. Omów podstawy fizyczne, zasadę działania tomografu i podaj przykłady wykorzystania tomografii komputerowej.  
Explain physical basics, principle of tomograph operation and present examples of applications of computed tomography.
19. Wskaż co najmniej trzy metody obrazowania organizmów żywych, omów ich podstawy fizyczne i porównaj je ze sobą wskazując zalety i ograniczenia.



Describe at least three different methods used for in vivo imaging and compare them indicating advantages and limitations.

20. Wymień podstawowe elementy tomografu rezonansu magnetycznego (MRI) i omów ich rolę w procesie uzyskania obrazu.  
List the basic components of a magnetic resonance imaging (MRI) scanner and discuss their role in the imaging process.
21. Wyjaśnij zasadę działania lasera na swobodnych elektronach (FEL) i podaj przykład przynajmniej jednego jego zastosowania, niemożliwego (lub bardzo trudnego) w innych metodach badawczych.  
Explain the principle of operation of the free electron laser (FEL) and give at least one example of its application, not feasible (or very difficult) in other research techniques.
22. Omów podstawy fizyczne metody spektroskopii absorpcyjnej (XAS) i emisyjnej (XES) promieniowania X. Wyjaśnij, jakie podstawowe własności atomów (i ew. ich otoczenia) można badać używając tych technik?  
Describe physical basics of X-rays absorption (XAS) and emission (XES) spectroscopies. Explain, what basic properties of atoms (or possibly their surroundings) may be studied using these techniques?
23. Opisz podstawowe mechanizmy i różnice w oddziaływaniu z materią dla wiązki jonów, elektronów i promieni X penetrujących materię.  
Describe the basic mechanisms and differences in the interaction with matter for a beam of ions, electrons and X rays penetrating matter.
24. Omów odkształcalność materiałów, podaj podstawowe elementy teorii odkształcalności.  
Discuss the deformability of materials, and provide the basic elements of the theory of deformability.
25. Omów oddziaływania międzycząsteczkowe (elektrostatyczne jon-jon, van der Waals'a, wodorowe, siły steryczne),  
Discuss intermolecular interactions (electrostatic ion-ion, van der Waals, hydrogen, steric forces).

**Pytania z podstawowych zagadnień fizyki ciała stałego i fizyki jądrowej - dla kandydatów do Oddziału Zastosowań Fizyki (NO6) oraz Centrum Cyklotronowego Bronowice (CCB)/ Questions on basic issues of solid state physics and nuclear physics - for candidates for Division of Applications of Physics and Cyclotron Center Bronowice:**

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.  
Describe the interaction mechanism of neutrons with matter. Explain the following terms: i) thermal neutrons, ii) neutron diffraction and iii) neutron polarization.
  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: i) chain reaction, ii) neutron moderator and iii) enriched uranium. Name two types of nuclear reactors and explain the differences between them..
  4. Scharakteryzuj metody detekcji neutronów, w zależności od ich energii. Zaproponuj metodę pomiaru strumienia neutronów prędkich mając do dyspozycji detektor strumienia neutronów termicznych.  
Characterize various neutron detection methods, according to their energy. Propose a method of fast neutron flux measurements by using a detector of thermal neutrons.
  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. Omów zmienność WSB dla protonów i cięższych jonów wraz z energią.  
Explain 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-Mullera.

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-Muller 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. Omów metodę datowania węglem  $^{14}\text{C}$ , wyjaśnij pojęcie abundancji.  
Describe  $^{14}\text{C}$  dating method. Explain the abundance term.
14. 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.
15. 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.
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. Gamowa. 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. Przedstaw sposób otrzymania frakcji radowej (Ra) i polonowej (Po) przez Marię Skłodowską-Curie i jej współpracowników.  
Show how Maria Skłodowska-Curie and her associates received the radium (Ra) and Polonium (Po) fractions.
20. Przedstaw metodę datowania młodych osadów opartą o izotop promieniotwórczy  $^{210}\text{Pb}$ .  
Present the dating method of recent deposits based on the  $^{210}\text{Pb}$  isotope.
21. 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.
22. 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 the relativistic effects observed during particle acceleration in these facilities.
23. 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.
24. 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.
25. 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.

### **Pytania z mechaniki kwantowej - dla kandydatów do Oddziału Fizyki Teoretycznej/ Questions in quantum mechanics - for candidates for Division of Theoretical Physics:**

1. Opis stanu układu w mechanice kwantowej.  
States in QM: description and properties
2. Równanie Schroedingera zależne od czasu.  
Time dependent Schroedinger equation

3. Statystyki Bosego-Einsteina i Fermiego-Diraca.  
Bose-Einstein and Fermi-Dirac statistics'
4. Przybliżenie Borna.  
Born's approximation
5. Reprezentacje macierzowe wielkości kwantowo-mechanicznych.  
Matrix representations of quantum-mechanical quantities
6. Ruch cząstki w nieskończenie głębokiej studni potencjału.  
Particle motion in infinitely deep potential well
7. Operator ewolucji w czasie.  
The time evolution operator
8. Opis układów wielociałowych i przybliżenie Hartree-Focka.  
Description of many body quantum systems and Hartree-Fock approximation
9. Stany czyste i mieszane.  
Pure and mixed states
10. Kwantowo-mechaniczny opis atomu wodoru.  
Hydrogen atom in QM
11. Opis układu kwantowego w obrazie Heisenberga.  
Description of a quantum system in the Heisenberg picture
12. Teoria rozprożeń w mechanice kwantowej.  
Quantum-mechanical scattering theory
13. Interpretacja probabilistyczna mechaniki kwantowej.  
Probabilistic interpretation of QM
14. Zasada nieoznaczoności Heisenberga.  
The Heisenberg uncertainty principle
15. Opis oscylatora harmonicznego w reprezentacji liczb obsadzeni.  
Description of the harmonic oscillator in the number representation
16. Opis układu kwantowego w obrazie Schroedingera.  
Description of a quantum system in the Schroedinger picture
17. Pomiar w mechanice kwantowej.  
Measurement in QM
18. Kwantowo-mechaniczna teoria oscylatora harmonicznego.  
Quantum-mechanical theory of the harmonic oscillator
19. Symetrie w mechanice kwantowej.  
Symmetries in QM

20. Twierdzenie Ehrenfesta.  
Ehrenfest's theorem
21. Kwantowanie.  
Quantization
22. Ruch cząstki kwantowej w polu bariery potencjału, efekt tunelowy.  
Motion of quantum particle in the potential barrier field, tunneling effect
23. Rachunek zaburzeń niezależnych od czasu.  
Time independent perturbation calculus
24. Prawa zachowania w mechanice kwantowej.  
Conservation laws in QM
25. Wielkości mierzalne jako operatory.  
Measurable quantities as operators
26. Zasada nieoznaczoności Heisenberga.  
The Heisenberg uncertainty principle
27. Kwantowo-mechaniczny opis rotatora sztywnego.  
Quantum-mechanical description of a rigid rotator
28. Przybliżenie quasi-klasyczne (WKB).  
Quasi-classical approximation (WKB)
29. Zasada korespondencji (odpowiedniości).  
Correspondence principle
30. Cząstki nierozróżnialne: bozony i fermiony, symetryczne i antysymetryczne funkcje falowe.  
Bosons and fermions, symmetric and antisymmetric wave functions
31. Równanie Schroedingera niezależne od czasu.  
Time independent Schroedinger's equation
32. Opis układu w obrazie oddziaływania.  
Description of a quantum state in the interaction picture
33. Zasada superpozycji, pakiety falowe.  
Superposition principle, wave packets
34. Reprezentacja liczb obsadzeń, operatory kreacji i anihilacji.  
Occupation number representation, creation and annihilation operators
35. Przekrój czynny w mechanice kwantowej.  
Scattering cross section in QM
36. Spin.  
Spin



37. Wielkości jednocześnie mierzalne.  
Simultaneously measurable quantities
38. Ściśle rozwiązywalne modele w mechanice kwantowej – przykłady.  
Exactly solvable models in QM - examples
39. Moment pędu w mechanice kwantowej.  
Angular momentum in QM
40. Niezmienniczość względem transformacji cechowania.  
The gauge invariance

### **Instytut Farmakologii im. Jerzego Maja PAN:**

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

zakres pytań/temat prezentacji:

#### Podręcznik:

KRÓTKIE WYKŁADY NEUROBIOLOGIA, Alan Longstaff (Kandydat na rozmowie losuje pytania z poniżej wymienionych rozdziałów):

1. Sekcja B: Podstawy elektrofizjologii
2. Sekcja C: Działanie synaps
3. Sekcja M: Neuroendokrynologia i czynności autonomiczne
4. Sekcja N: Rozproszone przekazywanie aminergiczne
5. Sekcja Q: Uczenie się i pamięć
6. Sekcja R: Zagadnienia neuropatologii
7. Sekcja E: Podstawy anatomii układu nerwowego

#### Artykuły naukowe

(Kandydat wybiera jeden artykuł z przedstawionej listy, na którego temat prowadzona będzie dyskusja. Kandydat na egzaminie kwalifikacyjnym wskazuje, który artykuł został wybrany):

1. Castrén E, Monteggia LM: Brain-Derived Neurotrophic Factor Signaling in Depression and Antidepressant Action. Biol. Psychiatry. 2021, 90, 128-136.

2. Abdallah Chadi G, Jackowski A, Salas R, et al.: The nucleus accumbens and ketamine treatment in major depressive disorder, NEUROPSYCHOPHARMACOLOGY, 2017, 42, 1739-1746.

3. Steven G. Potkin, John M. Kane, Christoph U. Correll, Jean-Pierre Lindenmayer, Ofer Agid, Stephen R. Marder, Mark Olfson and Oliver D. Howes: The neurobiology of treatment-resistant schizophrenia: path to antipsychotic resistance and a roadmap for future research, npj Schizophrenia (2020) 6:1; <https://doi.org/10.1038/s41537-019-0090-z>



4. Anna Haduch and Władysława Anna Daniel (2018) The engagement of brain cytochrome P450 in the metabolism of endogenous neuroactive substrates: a possible role in mental disorders, *Drug Metabolism Reviews*, 50:4, 415-429, DOI:10.1080/03602532.2018.1554674, <https://doi.org/10.1080/03602532.2018.1554674>

5. Chelini et al.: The tetrapartite synapse: a key concept in the pathophysiology of schizophrenia. *Eur Psychiatry*. 2018 Apr;50:60-69.

#### Autoprezentacja:

Tematyka pracy magisterskiej lub zainteresowań naukowych. Max. 5 slajdów przejrzystych w formie wydruków dla każdego członka Komisji Rekrutacyjnej (7 kopii) – czas prezentacji ok. 10 minut.

### **Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera PAN:**

Forma egzaminu kierunkowego:

- 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*;
- dwa pytania** obejmujące zagadnienia chemii fizycznej z listy zagadnień podstawowych A / *two questions covering the issues of basic scope from the A list below*;
- 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 Brønsted 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, micide);

- 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 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: **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 wybranych zagadnień z zakresu fizykochemii powierzchni ( 75 %):
  - a) Charakterystyka struktury porów według IUPAC
  - b) Procesy adsorpcji oraz absorpcji – obowiązujące teorie
  - c) Izotermy adsorpcji, typy, charakterystyka, histereza - według IUPAC

- d) Selektywność adsorpcji – adsorpcja mieszanin, adsorpcja konkurencyjna
- e) Transport gazu w ośrodkach porowatych (dyfuzja, filtracja)
- f) Kinetyka sorpcji/desorpcji
- g) Metody pomiarowe stosowane do opisu struktury porowej sorbentów
- h) Efekty energetyczne - ciepło adsorpcji – interpretacja i wyznaczenie
- i) Klasyfikacja i charakterystyka grup adsorbentów
- j) Sorbenty naturalnie występujące w przyrodzie
- k) Typowe zastosowania technologiczne sorbentów
- l) Właściwości gazów w kontekście procesów sorpcyjnych
- m) Metody modyfikacji powierzchni sorbentów

Strata Mechanics Research Institute, Polish Academy of Sciences:

form of the examination: oral exam and candidate's presentation\*.

range of questions/subject of presentation:

- 1) Presentation of the main issues of the master thesis and the research methods used in it ( 25%)
- 2) Questions (3) on selected issues of surface chemistry ( 75%):
  - a) Characterization of pore structure according to IUPAC
  - b) Adsorption and absorption processes - current theories
  - c) Adsorption isotherms, types, characteristics, hysteresis - according to IUPAC
  - d) Selectivity of adsorption - adsorption of mixtures, competitive adsorption
  - e) Gas transport in porous media (diffusion, filtration)
  - f) Kinetics of sorption/desorption
  - g) Measurement methods used to describe pore structure of sorbents
  - h) Energy effects - heat of adsorption - interpretation and determination
  - i) Classification and characterisation of adsorbent groups
  - j) Naturally occurring adsorbents
  - k) Typical technological applications of sorbents
  - l) Properties of gases in the context of sorption processes
  - m) Methods of surface modification of sorbents

### **Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energia PAN:**

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

#### **Temat prezentacji Kandydata:**

Autoprezentacja dotycząca tematyki pracy magisterskiej 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 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:**

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

*Three questions covering the issues of Environmental engineering, mining and energy from the list below (70%):*

### **Pytania dla Kandydata do Zakładu Rozwoju 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 do Zakładu Geoinżynierii i Inżynierii Środowiska:**

##### Pracownia Surowców Biogenicznych:

1. Omów podstawowe założenia polityki surowcowej Polski w kontekście bezpieczeństwa surowcowego kraju zgodnie z ostatnim obowiązującym dokumentem. Podaj założenia i rekomendacje dla surowców biogenicznych.  
  
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. Provide assumptions and recommendations for biogenic raw materials.
2. Przedstaw charakterystykę surowców krytycznych dla Unii Europejskiej (w szczególności surowców biogenicznych) w kontekście ich znaczenia gospodarczego.  
  
Present the characteristics of critical raw materials for the European Union (biogenic raw materials in particular) in the context of their economic importance.
3. Przedstaw przykłady możliwości 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)
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. 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.
7. Omów właściwości osadów ściekowych oraz wybrane sposoby ich unieszkodliwiania oraz rolniczego wykorzystania.  

Discuss the properties of sewage sludge and selected methods of their neutralization and agricultural use.
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 podstawowe założenia wody oraz surowców (w tym biogenicznych) w gospodarce o obiegu zamkniętym (GOZ).  

Discuss the basic assumptions of water and raw materials (including biogenic raw materials) in a circular economy (CE).
10. Przedstaw aspekty technologiczne, prawne, środowiskowe i społeczne gospodarki surowcami mineralnymi, ze szczególnym uwzględnieniem surowców biogenicznych.  

Present the technological, legal, environmental and social aspects of the management of mineral resources, with particular emphasis on biogenic raw materials.

#### **Pytania dla Kandydata do Zakładu 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 możliwości zastosowań wybranych materiałów w inżynierii i ochronie środowiska  
Present examples of possible applications of selected materials in engineering and environmental protection
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Omów klasyfikację izoterm sorpcji wg. Międzynarodowej Unii Chemii Czystej i Stosowanej oraz omów znaczenie kształtu pętli histerezy.  
Discuss the classification of sorption isotherms according to International Union of Pure and Applied Chemistry and discuss the importance of the hysteresis loop shape.
8. 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 sorption, ion exchange and catalytic properties.
9. Zastosowanie modelu Lagmuira i Freundlicha w procesach sorpcji – podaj przykłady.  
Application of the Lagmuir and Freundlich model in sorption processes – give examples.
10. 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 do Pracowni Ekonomiki 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 materiałowa:**

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

Egzamin będzie polegał na autoprezentacji Kandydata w formie ustnej wypowiedzi (bez multimedii), zawierającej:

- przedstawienie uzyskanego doświadczenia, głównie z zakresu zagadnień pracy magisterskiej oraz technologii i metod badań w niej stosowanych
  - planowane podejście do pracy doktorskiej – tematyka, zarys koncepcji, motywacja
- W sumie wypowiedź nie powinna przekraczać 10 min.

Następnie zostaną zadane Kandydatowi pytania z poniższych zagadnień:

#### **1) Podstawy termodynamiki ciała stałego:**

- a. opis termodynamiczny układu skondensowanego;
- b. reguła faz i diagramy fazowe;
- c. pojęcie entropii w ciałach stałych;
- d. powinowactwo chemiczne;

#### **2) Podstawy krystalochemii**

- a. wiązania chemiczne a własności materiałów;
- b. izomorfizm i polimorfizm;
- c. reguły Paulinga;
- d. roztwory stałe;

#### **3) Transport masy i ciepła w ciałach stałych**

- a. mechanizmy transportu ciepła w ciałach stałych;
- b. korelacje pomiędzy transportem ciepła w wiązaniu;
- c. dyfuzja chemiczna i wzajemna;
- d. opis ilościowy dyfuzji;

#### **4) Metody badań ciał stałych (ogólna charakterystyka)**

- a. metody badań ciał stałych (krystalicznych i amorficznych);
- b. metody badań właściwości termicznych ciał stałych;
- c. spektroskopia oscylacyjna;
- d. metody badań powierzchni ciał stałych;
- e. metody badań mikrostruktury ciał stałych;

#### **5) Procesy konsolidacji materiałów polikrystalicznych (spiekanie, wiązanie chemiczne, krystalizacja ze stopów);**

- a. dyfuzyjne i niedyfuzyjne mechanizmy transportu masy podczas spiekania;
- b. rodzaje spiekania
- c. fizyczna i chemiczna aktywacja spiekania,
- d. zmiany energetyczne związane z krystalizacją ze stopu;
- e. kinetyka krystalizacji;

#### **6) Ceramiczne materiały konstrukcyjne**

- a. postać i interpretacja krzywej Condona-Morse'a;
- b. zjawisko odkształcenia sprężystego materiałów ceramicznych;
- c. teoria kruchej pęknięcia Griffithsa i jej konsekwencje;
- d. przykłady podwyższenia wytrzymałości i odporności na kruche pęknięcie materiałów ceramicznych;
- e. czasowa zależność wytrzymałości od czasu: pełzanie, podkrytyczny rozwój pęknięć;

#### **7) Ceramiczne materiały funkcjonalne**

- a. mechanizmy przewodzenia ładunków elektrycznych w ciałach stałych;
- b. warunki przezroczystości materiałów ceramicznych;
- c. przewodniki jonowe; półprzewodniki elektronowe
- d. zjawiska polaryzacji dielektrycznej;

#### **8) Materiały kompozytowe;**

- a. rodzaje kompozytów;
- b. zasady doboru materiałów do wytwarzania kompozytów;
- c. zjawiska prowadzące do wzmocnienia i umocnienia materiałów kompozytowych;
- d. wykorzystanie innych niż mechanicznych właściwości kompozytów;

#### **9) Biomateriały**

- a. rodzaje biomateriałów;
- b. zastosowanie biomateriałów;
- c. bioceramika fosforanowa;
- d. biomateriały szkliste;
- e. biomateriały węglowe;
- f. biomateriały polimerowe;
- g. biomateriały metaliczne;
- h. biomateriały kompozytowe;



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

\*niepotrzebne skreślić