

## Harmonogram postępowania rekrutacyjnego i zakres egzaminów

### Harmonogram postępowania rekrutacyjnego:

<p><b>Nabór wniosków:</b></p>	<p><b>1. Poczta tradycyjna</b> – na adres: Krakowska Interdyscyplinarna Szkoła Doktorska, Instytut Fizyki Jądrowej PAN, ul. Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków w dniach <b>od 14.06.2021 r. do 18.06.2021 r.</b></p> <p><b>2. ePUAP</b> – od <b>14.06.2021 r. do 25.06.2021 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 14.06.2021 r. do 25.06.2021 r., w godzinach 9.00 – 14.00.</b></p>
<p><b>Weryfikacja wniosków pod względem formalnym:</b></p>	<p><b>do 05.07.2021 r.</b></p>
<p><b>Publikacja szczegółowego harmonogramu egzaminu kierunkowego:</b></p>	<p><b>do 09.07.2021 r.</b></p>
<p><b>Publikacja list rankingowych:</b></p>	<p><b>do 16.07.2021 r.</b></p>
<p><b>Publikacja listy doktorantów:</b></p>	<p><b>do 22.07.2021 r.</b></p>
<p><b>Termin na złożenie oświadczenia o niepodjęciu kształcenia w innej szkole doktorskiej:</b></p>	<p><b>do 29.07.2021 godz.15.00</b></p>
<p><b>Ogłoszenie rekrutacji uzupełniającej:</b></p>	<p><b>do 30.07.2021 r.</b></p>

## Zakres egzaminów:

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

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

- 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.

zakres pytań:

#### Pytania z fizyki ogólnej:

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

Discuss the connection between symmetries and conserved quantities; give examples of conserved quantities and the respective symmetries.

7. Omów własności płynu idealnego, równanie jego ciągłości oraz podaj treść prawa, Bernoulliego.  
Ideal and nonideal fluids, continuity equation, Bernoulli law.
8. Omów pierwszą zasadę termodynamiki oraz pojęcia ciepła, energii wewnętrznej i ciepła właściwego.  
Describe the first law of thermodynamics and the notion of specific heat capacity.
9. Omów drugą zasadę termodynamiki oraz przedyskutuj pojęcia entropii i nieodwracalności procesu.  
Describe the second law of thermodynamics and discuss the notions of entropy and irreversibility of the process.
10. Przedyskutuj probabilistyczną definicję stanu równowagi oraz zjawisko fluktuacji. Discuss probabilistic definition of the state of equilibrium and the phenomenon of fluctuations.
11. Porównaj własności gazu doskonałego i rzeczywistego oraz przedstaw i omów równania opisujące stan tych gazów. Wyjaśnij pojęcie temperatury krytycznej.  
Compare properties of ideal and real gas and discuss their equations of state. Explain the notion of critical temperature.
12. Omów pojęcie przejścia fazowego oraz jego rodzaje. Zdefiniuj pojęcie parametru uporządkowania. Podaj i krótko scharakteryzuj przykłady znanych ci przejść fazowych.  
Describe the notion of a phase transition and its kinds; define the order parameter; give examples of phase transitions.
13. Podaj definicję temperatury oraz znane Ci skale termometryczne. Przedyskutuj rozkład prędkości cząsteczek w gazie.  
Describe the notion of temperature and define known to you temperature scales; discuss the velocity distribution of gas particles.
14. Przedstaw zasadę działania silnika cieplnego. Wyjaśnij pojęcie sprawności silnika cieplnego. Podaj przykłady różnych cykli termodynamicznych, w oparciu o które pracują silniki cieplne.  
Describe the notion of heat engine and its efficiency; give some examples of different thermodynamic cycles.
15. Omów prawa odbicia i załamania światła oraz pojęcie całkowitego wewnętrznego odbicia.  
Discuss the laws of light's reflection and refraction and the notion of a total internal refraction.

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

26. Omów zjawisko rezonansu w obwodach drgających, zasadę powstawania fal elektromagnetycznych oraz wyjaśnij pojęcie prądu przesunięcia.  
Describe the phenomenon of a resonance in a LC circuit, the principles of generation of electromagnetic waves.
27. Omów równania Maxwella oraz główne cechy fal elektromagnetycznych.  
Maxwell's equations, electromagnetic waves.
28. Omów hipotezę atomowa budowy materii. Na jej podstawie przedstaw jakościowe wytłumaczenie własności ciał stałych, cieczy i gazów.  
Describe the hypothesis that matter is composed of atoms; based on it give a qualitative explanation of properties of solids, liquids and gases.
29. Dokonaj charakterystyki metali, półprzewodników i izolatorów.  
Characterize metals, semiconductors and insulators.
30. Przedyskutuj zjawisko ruchów Browna oraz jego związek z hipotezą atomowa. Discuss the phenomenon of Brown's motion and its connection with the hypothesis of atoms.
31. Przedstaw główne postulaty szczególnej teorii względności. Omów eksperyment Michelsona-Morleya oraz wynikające z niego wnioski fizyczne.  
Describe main assumptions of the specific theory of relativity and Michelson-Morley experiment.
32. Omów transformacje Galileusza i Lorentza. Podaj relatywistyczne prawo dodawania prędkości. Wyjaśnij pojęcie równoważności masy i energii.  
Describe Galileo and Lorentz transformations; give the relativistic rules of summing up the velocities; explain the notion of equivalence between matter and energy.
33. Przedyskutuj relatywistyczne skrócenie długości oraz dylatację 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:**

1. Porównanie zderzeń w kolajderze ze zderzeniami na stałej tarczy.  
Compare beam collisions on fixed target with those at colliders.
2. Wady i zalety zderzaczy liniowych i kołowych.  
Advantages and downsides of linear and circular accelerators.
3. Porównanie zderzaczy  $ee$  i  $pp$ .  
Compare  $ee$  vs  $pp$  colliders.
4. Metody ogniskowania wiązek w akceleratorach. Świetlność zderzacza.  
Methods of beam focusing in accelerators. The notion of luminosity.
5. Oddziaływanie fotonów z materią.  
Interactions of photons with matter.
6. Oddziaływanie cząstek naładowanych z materią.  
Interactions of charged particles with matter.
7. Detektory gazowe i krzemowe.  
Gaseous and silicon detectors.
8. Sposoby identyfikacji cząstek.  
Methods of particle identification.

9. Kalorymetry (i kaskady) elektromagnetyczne i hadronowe.  
Electromagnetic and hadronic calorimeters (and cascades).
10. Przekrój czynny; przestrzeń fazowa; szerokość rozpadu.  
The notions of cross-section, phase space and decay width.
11. Własności elementarnych fermionów; skład fermionowy Modelu Standardowego.  
Properties of elementary fermions; fermionic contents of the Standard Model.
12. Własności i porównanie nośników oddziaływań elementarnych.  
Compare properties of fundamental interaction carriers.
13. Liczby kwantowe C, P i T.  
Quantum numbers: C, P and T.
14. Porównanie cech elektrodynamiki i chromodynamiki kwantowej.  
Compare key features of quantum electrodynamics and quantum chromodynamics.
15. Podstawy teorii elektroslabej; mechanizm Higgsa.  
Basic features of electroweak theory; the Higgs mechanism.
16. Główne testy doświadczalne teorii elektroslabej.  
Main experimental tests of electroweak theory.
17. Liczba lekkich neutrin; ewidencja eksperymentalna.  
Number of light neutrinos; experimental evidence.
18. Kolor: dowody doświadczalne.  
Color quantum number: experimental evidence.
19. Historyczne początki oraz podstawy modelu kwarków; wyjaśnienie struktury multipletów hadronowych.  
Historical roots and basics of quark model; explanation of the structure of hadronic multiplets.
20. Główne cechy modelu partonów; rozpraszanie głęboko nieelastyczne lepton-nukleon.  
Main features of the parton model; deep inelastic lepton-nucleon scattering.
21. Macierz CKM; masy i mieszanie kwarków.  
CKM matrix, quark masses and mixing.
22. Podstawowe własności plazmy kwarkowo-gluonowej.  
Basic features of quark-gluon-plasma.
23. Oscylacje neutrin; badania neutrin atmosferycznych i słonecznych.  
Neutrino oscillations; studies of atmospheric and solar neutrinos.
24. Podstawowe cechy promieniowania kosmicznego.  
Basic features of cosmic rays.
25. Problemy Modelu Standardowego. Przykład teorii poza Modelem Standardowym.  
Shortcomings of the Standard Model. Example of theory beyond the Standard Model.

## Pytania z podstawowych zagadnień fizyki jądrowej – dla kandydatów do Oddziału Fizyki Jądrowej i Oddziaływań Silnych:

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. Przekrój czynny. Rozkład na fale parcjalne.  
Cross-section. Decomposition into partial waves.
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”).  
Geometry of high-energy nuclear collisions ("centrality").
16. Ultraperyferyczne zderzenia jąder atomowych.  
Ultra-peripheral collisions of atomic nuclei.
17. Efekty elektromagnetyczne i wirowość w wysokoenergetycznych zderzeniach ciężkich jonów.  
Electromagnetic effects and vorticity in high-energy heavy ion collisions.
18. Efekty kolektywne w zderzeniach jądrowych wysokich energii (wyływ kierunkowy i eliptyczny).  
Collective effects in high energy nuclear collisions (directed and elliptic flow).
19. Plazma kwarkowo-gluonowa.  
The quark-gluon plasma.
20. Zjawisko “hamowania barionów” (baryon stopping) w wysokoenergetycznych zderzeniach jądrowych.

Baryon stopping in high energy nuclear collisions.

21. Wielkie eksperymenty w fizyce jądrowej: zderzenia ultrarelatywistycznych ciężkich jonów – ALICE na LHC, spektroskopia gamma z wiązkami radioaktywnych jonów - AGATA na NUSTAR/FAIR i SPIRAL2, pomiar elektrycznego momentu dipolowego neutronu - nEDM na PSI.  
  
Large experiments in nuclear physics: ultrarelativistic heavy ion collisions - ALICE at LHC, gamma spectroscopy with Radioactive Ion Beams - AGATA at NUSTAR/FAIR and SPIRAL2, measurement of electric dipole moment of neutron - nEDM at PSI.
22. Podstawy formalizmu diagramów Feynmana.  
  
Basics of Feynman diagrams formalism.
23. Symetrie podstawowe w Modelu Standardowym.  
  
Basic symmetries in the Standard Model.
24. Eksperymentalne badania Modelu Standardowego w fizyce jądrowej.  
  
Experimental studies of the Standard Model in the field of nuclear physics.
25. Zastosowania fizyki jądrowej (diagnostyka i terapia nowotworów, reaktor jądrowy, elektrownie jądrowe i termojądrowe, bomba jądrowa, wodorowa, i inne).  
  
Applications of nuclear physics (cancer diagnosis and therapy, 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).

### **Pytania z podstawowych zagadnień fizyki ciała stałego – dla kandydatów do Oddziału Fizyki Materii Skondensowanej:**

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 magneto optic 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 z podstawowych zagadnień fizyki ciała stałego i fizyki jądrowej - dla kandydatów do Oddziałów Zastosowań Fizyki i Badań Interdyscyplinarnych:**

1. Wykaż, że zarówno podczas syntezy jak i rozpadu jąder promieniotwórczych wydzielana jest energia. Wyjaśnij pojęcie ciepła reakcji, 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.

5. 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

6. Omów zjawisko termicznej i sprężystej rozszerzalności liniowej i objętościowej ciał. Wyjaśnij pojęcia współczynnika i modułu sprężystości, oraz wytrzymałości i naprężenia wewnętrznego.

Explain the process of thermal and elastic expansion of materials (linear and volume). Explain concepts of elasticity coefficient and elastic modulus as well as and tensile strength and internal tensile stress of materials.

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

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

8. Omów metodę datowania węglem  $^{14}\text{C}$ , wyjaśnij pojęcie abundancji.

Describe  $^{14}\text{C}$  dating method. Explain the abundance term.

9. 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.

10. Wyjaśnij zjawisko jądrowego rezonansu magnetycznego i omów zastosowanie tego zjawiska w medycynie.

Explain nuclear magnetic resonance phenomenon and describe its application in medicine

11. 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.

12. 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.

13. Przedstaw istotę zjawiska Mőssbauera i wyjaśnij jego znaczenie dla badań strukturalnych.

Explain Mőssbauer effect and its importance for structural research

14. Omów zasadę działania reaktora jądrowego. Wyjaśnij pojęcia reakcji łańcuchowej, moderatora neutronów, uranu wzbogaconego. Podaj dwa przykłady typów reaktorów i wyjaśnij różnice w ich budowie.
- Describe the working principle of a nuclear reactor. Explain the following terms: 1) chain reaction 2) neutron moderator 3) enriched uranium. Name two types of nuclear reactor and explain the differences between them.
15. 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.
16. 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.
17. Zaproponuj metodę pomiaru strumienia neutronów prędkich mając do dyspozycji detektor strumienia neutronów termicznych.
- Propose a method of fast neutron flux measurements by using a detector of thermal neutrons.
18. Omów podstawy fizyczne i zasadę działania w metodzie spektroskopii w podczerwieni oraz podaj przykłady zastosowań
- Explain physical basics, principle of operation and present examples of application of infrared spectroscopy
19. Omów podstawy fizyczne i zasadę działania w metodzie spektroskopii ramanowskiej oraz podaj przykłady zastosowań
- Explain physical basics, principle of operation and present examples of application of Raman spectroscopy
20. Omów podstawy fizyczne i zasadę działania mikroskopu sił atomowych oraz podaj przykłady zastosowań
- Explain physical basics, principle of operation and present examples of application of atomic force microscope
21. Omów podstawy fizyczne, zasadę działania i podaj przykłady wykorzystania tomografii komputerowej
- Explain physical basics, principle of operation and present examples of applications of computed tomography
22. 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

- 23 Wymień podstawowe elementy tomografu rezonansu magnetycznego (MRI) i omów ich rolę w procesie uzyskania obrazu

Explain role of the main components of the MRI scanner in process of image formation

- 24 Wyjaśnij wykorzystanie tensora dyfuzji wody do traktografii wiązek nerwowych w mózgu

Explain how to use water diffusion tensor for brain tractography

- 25 Omów praktyczne próby 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.

### **Pytania z mechaniki kwantowej - dla kandydatów do Oddziału Fizyki Teoretycznej**

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. Ścisłe 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 przekąźnictwo 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. Campbell RR, Wood MA: How the epigenome integrates information and reshapes the synapse. *Nature Reviews Neuroscience*, 2019, 20, 133-14.
2. Koprach JB, Kalia, LV, Brotchie JM: Animal models of  $\alpha$ -synucleinopathy for Parkinson disease drug development. *Nature Reviews Neuroscience*, 2017, 18 (9), 515-529.
3. Duman RS, Aghajanian GK, Sanacora G, Krystal JH. Synaptic plasticity and depression: new insights from stress and rapid-acting antidepressants. *Nat Med*. 2016; 22(3):238-49.
4. Abdallah Chadi G, Jackowski A, Salas R, et al.: The nucleus accumbens and ketamine treatment in major depressive disorder, *NEUROPSYCHOPHARMACOLOGY*, 2017, 42, 1739-1746.
5. Ztaou S and Amalric M: Contribution of cholinergic interneurons to striatal pathophysiology in Parkinson's disease, *NEUROCHEMISTRY INTERNATIONAL*, 2019, 126, 1-10.
6. Chelini et al.: The tetrapartite synapse: a key concept in the pathophysiology of schizophrenia. *Eur Psychiatry*. 2018 Apr;50:60-69.
7. 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>
8. 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>

#### 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:

- a) rozmowa na temat pracy magisterskiej kandydata lub ostatnio realizowanego projektu, w którym brał/bierze udział;
- b) trzy pytania obejmujące zagadnienia chemii fizycznej z poniższej listy

zakres pytań:

### **Budowa cząsteczki i rodzaje wiązań chemicznych**

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

### **Właściwości gazów, termodynamika**

- gaz doskonały a gaz rzeczywisty; (równanie gazu doskonałego, równanie Van der Waalsa, izotermy, izobary)
- oddziaływania międzycząsteczkowe;
  - Oddziaływania elektrostatyczne (Prawo Coulomba)
  - Oddziaływania vdW (rodzaje, opis matematyczny)
  - Oddziaływania wodorowe (struktura, typy)
- zasady termodynamiki;
- funkcje termodynamiczne;
  - Czym jest entropia?
  - Energia swobodna Gibbsa a samorzutność reakcji i tworzenia kompleksów (supramolekularnych, katalizator-substrat czy metal-ligand)
- stała równowagi chemicznej (Reguła Le Chateliera-Browna);
  - Równowaga a DG

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

### **Fizykochemia ciała stałego**

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

### **Zjawiska powierzchniowe**

- adsorpcja, izotermy adsorpcji;
- kataliza heterogeniczna, przykłady reakcji katalitycznych;
- koloidy;
- surfaktanty;
- napięcie powierzchniowe;

### **Podstawowe metody badania materii**

- podstawy spektroskopii IR i Ramanowskiej, (reguły wyboru)
- podstawy spektroskopii UVvis (Prawo Lamberta-Beera)
- podstawy dyfraktometrii rentgenowskiej (prawo Bragga)
- podstawy spektrometrii masowej
- chromatografia cieczowa i gazowa (rola oddziaływań w rozdziale chromatograficznym)
- podstawy modelowania molekularnego (mechanika molekularna, chemia kwantowa)

Rekomendowany podręcznik to Peter Atkins, de Paula Julio, Chemia fizyczna, Wydawnictwo Naukowe PWN.

### **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

**Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie:**

- nauki ścisłe i przyrodnicze, dyscyplina nauki fizyczne:

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

zakres pytań:

I. Zagadnienia ogólne

**1. Podstawy mechaniki klasycznej i relatywistycznej**

- klasyczne równania ruchu,
- transformacje Galileusza i Lorentza,
- zasady zachowania,
- postulaty szczególnej teorii względności (STW),
- konsekwencje STW.

**2. Podstawy elektromagnetyzmu**

- pole elektrostatyczne, potencjał skalarny,
- pole magnetyczne, potencjał wektorowy,
- ładunek elektryczny w polu elektromagnetycznym,
- równanie ciągłości i zasada zachowania ładunku elektrycznego,
- równania Maxwella w próżni i materii,
- zjawiska falowe i równanie fali elektromagnetycznej.

**3. Termodynamika i fizyka statystyczna**

- model gazu doskonałego i przemiany gazowe,
- rozkłady Maxwella i Boltzmannna,
- temperatura,
- potencjały termodynamiczne: entropia, entalpia, energia wewnętrzna,
- zasady termodynamiki.

**4. Podstawy doświadczalne i teoretyczne mechaniki kwantowej**

- fundamentalne doświadczenia potwierdzające korpuskularno-falową naturę światła i materii,
- funkcja falowa i jej interpretacja probabilistyczna oraz równania Schrödingera zależne oraz niezależne od czasu,
- zasady nieokreśloności,
- spin elektronu, doświadczenie Sterna-Gerlacha,
- statystyki kwantowe Fermiego-Diraca i Bosego-Einsteina,
- zakaz Pauliego i oddziaływanie wymiany.

**5. Podstawy fizyki atomowej, cząsteczkowej i ciała stałego**

- budowa atomu,
- wiązania chemiczne,

- c) podział ciał stałych ze względu na własności elektryczne,
- d) podział ciał stałych ze względu na własności magnetyczne,
- e) nadprzewodnictwo,
- f) podstawy fizyczne metod spektroskopowych fizyki atomowej i cząsteczkowej.

## 6. Podstawy fizyki jądrowej

- a) budowa jądra atomowego,
- b) reakcje jądrowe,
- c) oddziaływanie promieniowania jonizującego z materią,
- d) zastosowania metod jądrowych w medycynie i technice.

## II. Zagadnienia specjalistyczne

### 1. Fizyka ciała stałego

- a) struktura ciał stałych: układy krystaliczne i nieuporządkowane,
- b) podstawowe zasady opisu struktury ciał stałych,
- c) drgania sieci krystalicznej,
- d) model elektronów swobodnych i niezależnych,
- e) klasyfikacja ciał stałych (struktura pasmowa),
- f) półklasyczny model własności transportowych ciał stałych (równanie Boltzmanna, przybliżenie czasu relaksacji),
- g) metody eksperymentalne ciała stałego (promieniowanie jądrowe, rentgenowskie, synchrotronowe),
- h) układy niskowymiarowe (kropki kwantowe, druty, cienkie warstwy, ich własności optyczne i elektryczne),
- i) spintronika (podstawy fizyczne działania urządzeń spintronicznych).

### 2. Fizyka teoretyczna i obliczeniowa

- a) zasada działania i hamiltonowskie sformułowanie mechaniki klasycznej,
- b) klasyczne równania fizyki matematycznej: Laplace'a, Poissona, Helmholtza, przewodnictwa, falowe i ich charakterystyka,
- c) przykłady zastosowań klasycznych równań fizyki matematycznej do opisu procesów fizycznych,
- d) postulaty mechaniki kwantowej wraz z przykładami,
- e) unitarna ewolucja stanów kwantowych dla układów zamkniętych i izolowanych,
- f) macierz gęstości: interpretacja, podstawowe własności i równanie ruchu,
- g) proste metody różnicowe rozwiązywania równań dynamiki klasycznej,
- h) fizyczne i numeryczne podstawy klasycznej dynamiki molekularnej,
- i) metody Monte-Carlo w całkowaniu numerycznym.

### 3. Fizyka jądrowa

- a) modele jądra atomowego, siły jądrowe, energia wiązania,
- b) własności jądra atomowego oraz metody ich badania,

- c) przemiany promieniotwórcze jąder atomowych,
- d) reakcje jądrowe (w szczególności rozszczepienia jądra i fuzji jądrowej),
- e) naturalna promieniotwórczość skał, wody, powietrza,
- f) akceleratory cząstek naładowanych,
- g) oddziaływania cząstek naładowanych, promieniowania gamma oraz neutronów z materią,
- h) detekcja cząstek naładowanych, promieniowania gamma i neutronów,
- i) zastosowania izotopów promieniotwórczych (wybrane przykłady).

#### **4. Fizyka medyczna i biofizyka**

- a) promieniowanie synchrotronowe (wytwarzanie, własności, przykłady zastosowania w badaniach biologicznych),
- b) metody spektroskopowe stosowane w badaniach układów biologicznych (XRF, EPR, NMR, spektroskopia Mössbauera, podczerwieni i Ramana),
- c) mikroskopie wysokiej rozdzielczości (mikroskopia elektronowa, STM i AFM),
- d) promieniste i bezpromieniste przekazywanie energii (diagram Jabłońskiego, rezonansowy transfer energii Förster (FRET), mechanizm Dexter transferu energii),
- e) oddziaływanie promieniowania jonizującego na poziomie komórkowym, tkankowym i organizmu,
- f) podstawy fizyczne metod obrazowych stosowanych w diagnostyce medycznej (USG, MRI, CT, PET, SPECT),
- g) podstawy fizyczne radioterapii (radioterapia konwencjonalna, protonowa i techniki eksperymentalne).

#### **5. Podstawy oddziaływania cząstek i metod detekcji**

- a) cząstki elementarne – model standardowy (składniki materii, pośredniczące bozony oddziaływań),
- b) pęd relatywistyczny, energia kinetyczna, energia całkowita, efekty relatywistyczne, formalizm cztero-wektorów oraz niezmienników relatywistycznych (np. CMS),
- c) formalizm diagramów Feynmana,
- d) procesy elektromagnetyczne (efekt fotoelektryczny, efekt Comptona, produkcja par, całkowity przekrój czynny),
- e) silne oddziaływania cząstek (rozpraszanie nieelastyczne),
- f) akceleratory cząstek naładowanych (ze stałą tarczą, liniowe, z wiązkami przeciwbieżnymi),
- g) identyfikacja cząstek – formuła Bethe-Blocha,
- h) podstawy detekcji cząstek (detektory śladów, kalorymetry, detektory wierzchołka, detekcja mionów),
- i) podstawy eksperymentów z wiązkami przeciwbieżnymi na przykładzie detektorów na LHC (ATLAS, CMS, ALICE, LHCb),
- j) podstawy działania detektorów promieniowania (gazowych, scyntylacyjnych, półprzewodnikowych, liczników Czerenkowa oraz promieniowania przejścia).

**Kandydat na egzaminie będzie odpowiadał na pytania z listy ogólnej oraz z wybranej przez siebie listy szczegółowej.**



- **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 Condon-Morse'a;
- b. zjawisko odkształcenia sprężystego materiałów ceramicznych;
- c. teoria kruchego 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;

\*niepotrzebne skreślić