

# Zakres tematyczny egzaminu inżynierskiego i egzaminu wstępnego na studia drugiego stopnia — Fizyka Techniczna

24 października 2012

## Fizyka 1

- Charakterystyka wektora prędkości w ruchu krzywoliniowym punktu materialnego.
- Charakterystyka wektora przyspieszenia w ruchu krzywoliniowym punktu materialnego.
- Opis ruchu jednostajnego punktu materialnego po okręgu we współrzędnych kartezjańskich.
- Opis ruchu jednostajnego punktu materialnego po okręgu we współrzędnych biegunowych.
- Treść prawa bezwładności.
- Treść drugiej zasady dynamiki Newtona.
- Siły bezwładności (definicja).
- Siły bezwładności (przykłady)
- Definicja pracy.
- Definicja mocy.
- Pojęcie siły zachowawczej.
- Pojęcie siły sprężystej.
- Pojęcie energii potencjalnej.
- Pojęcie energii kinetycznej.
- Okres drgań wahadła matematycznego.
- Okres drgań wahadła fizycznego.
- Składanie drgań harmoniczných zachodzących w jednym kierunku.
- Składanie drgań harmoniczných zachodzących w dwóch kierunkach prostopadłych.
- Amplituda drgań harmoniczných tłumionych.
- Częstość drgań harmoniczných tłumionych.

- Amplituda drgań harmoniczných wymuszonych.
- Częstość drgań harmoniczných wymuszonych.
- Natężenie pola grawitacyjnego – definicja, zasada superpozycji.
- Potencjał pola grawitacyjnego – definicja, zasada superpozycji.
- Ogólne rozwiązanie ruchu w centralnym polu grawitacyjnym.
- Pole grawitacyjne wewnątrz pustej sfery w jednorodnym ośrodku nieskończonym.
- Natężenie pola grawitacyjnego wewnątrz pełnej i jednorodnej kuli.
- Oddziaływanie grawitacyjne mas kulistych.
- Miara bezwładności bryły sztywnej w ruchu obrotowym.
- Pojęcie momentu bezwładności.
- Druga zasada dynamiki dla ruchu obrotowego bryły sztywnej.
- Konsekwencją której zasady zachowania są efekty żyroskopowe?
- Prawo Bernoulli’ego a siła nośna działająca na skrzydło samolotu.
- Przepływ laminarny i turbulentny – charakterystyka.
- Rodzaje modułów sprężystości.
- Współczynnik sprężystości sprężyny (śrubowej) zależy od jednego z modułów sprężystości materiału, z którego jest ona zrobiona. Którego?
- Jaki rodzaj fal opisuje równanie falowe d’Alemberta?
- Od czego zależy prędkość fal sprężystych?
- Jak zachowuje się energia kinetyczna rozprędzanej cząstki (o niezerowej masie), gdy jej prędkość zbliża się do prędkości światła?
- Jak zachowuje się pęd rozprędzanej cząstki (o niezerowej masie), gdy jej prędkość zbliża się do prędkości światła?

## Fizyka 2

- Pojęcie natężenia pola elektrycznego; pojęcie potencjału – związek między potencjałem a natężeniem pola. Potencjał układu ładunków.
- Strumień pola elektrycznego.
- Obliczanie natężenia pola  $\mathbf{E}$  oraz jego potencjału dla prostych konfiguracji ładunków (układ ładunków punktowych, jednorodny ładunek rozciągły o prostym kształcie geometrycznym).
- Prawo Gaussa – jego związek z prawem Coulomba.
- Pojemność elektryczna.
- Energia pola elektrycznego.

- Dielektryki i ich polaryzacja. Elektryczny moment dipolowy.
- Prąd elektryczny – natężenie prądu i jego gęstość.
- Opór elektryczny. Prawo Ohma.
- Zasada zachowania ładunku – równanie ciągłości.
- Praca i moc prądu elektrycznego.
- Prosty model przewodnictwa – różnica między przewodnictwem w gazach, metalach i cieczech.
- Dysocjacja elektrolityczna.
- Prawa Kirchhoffa – łączenie oporów i źródeł prądu (przykłady).
- Pole magnetyczne: prawo Ampera, siła Lorentza.
- Ruch ładunku w polu magnetycznym i elektrycznym.
- Obwód prądu w polu magnetycznym – magnetyczny moment dipolowy.
- Zasada działania silnika elektrycznego.
- Strumień pola magnetycznego: prawo Faraday’a.
- Reguła Lenza jako przykład zasady zachowania energii.
- Prądy wirowe.
- Zjawisko indukcji własnej i wzajemnej.
- Oporności  $R$ ,  $R_L$  i  $R_C$  w obwodach prądu zmiennego oraz drgania obwodu RLC.
- Rezonans elektryczny. Warunek rezonansu.
- Paramagnetyki i ferromagnetyki.
- Ziemskie pola magnetyczne.
- Równania Maxwella w postaci różniczkowej i ich fizyczna interpretacja.
- Rozchodzenie się zaburzenia elektromagnetycznego (fala elektromagnetyczna) – równanie różniczkowe fali płaskiej w przestrzeni i rozwiązanie tego równania.
- Właściwości fali elektromagnetycznej. Relatywistyczna transformacja pól  $\mathbf{E}$  oraz  $\mathbf{B}$ . Niezmienniczość równań Maxwella względem transformacji Lorentza.
- Podział (obszary) widma elektromagnetycznego.
- Prawa odbicia i załamania. Wiązka padająca, odbita i załamana.
- Współczynnik załamania, a stała dielektryczna.
- Całkowite wewnętrzne odbicie.
- Zasada Huygensa.
- Interferencja fal – różnica faz, a różnica dróg optycznych.

- Interferencja na cienkich warstwach.
- Dyfrakcja; Strefy Fresnela.
- Polaryzacja: liniowa i kołowa.
- Fala płaska: pakiet falowy.
- Pojęcie ośrodka dyspersyjnego: prędkość grupowa i fazowa.
- Elementy optyki geometrycznej podstawowe równania dla zwierciadeł i soczewek.
- Ogólna zasada działania lunety i mikroskopu.
- Zasada holografii.

### **Fizyka 3**

- Promieniowanie termiczne.
- Ciało doskonale czarne.
- Prawo Stefana.
- Prawo przesunięć Wiena.
- Teoria Rayleigha-Jeansa: katastrofa w nadfiolecie.
- Teoria Plancka promieniowania termicznego.
- Promieniowanie reliktowe.
- Odkrycie jądra atomowego – doświadczenie Rutherforda.
- Serie widmowe – zasada kombinacji Ritza.
- Teoria Bohra układów wodoropodobnych.
- Doświadczenie Francka-Hertza.
- Zjawisko fotoelektryczne – wyniki doświadczeń.
- Częstość progowa na zjawisko fotoelektryczne.
- Opis Einsteina zjawiska fotoelektrycznego.
- Przekrój czynny dla zjawiska fotoelektrycznego.
- Zjawisko Comptona.
- Przekrój czynny dla zjawiska Thomsona i Comptona.
- Wytwarzanie promieniowania rentgenowskiego.
- Widmo ciągłe promieniowania rentgenowskiego.
- Krecja i anihilacja par.
- Przekrój czynny dla oddziaływania promieniowania z materią.

- Fale materii – hipoteza de Broglie’a.
- Doświadczenie Davissona-Germera.
- Postulaty fizyczne mechaniki kwantowej: zasada odpowiedniości, komplementarności i superpozycji.
- Równanie własne operatora.
- Mechanika falowa Schrödingera (postulaty).
- Równanie Schrödingera zależne od czasu.
- Równanie Schrödingera niezależne od czasu.
- Interpretacja Borna funkcji falowej.
- Rozwiązanie równania Schrödingera dla skoku potencjału.
- Rozwiązanie równania Schrödingera dla bariery potencjału
- Zjawisko tunelowania.
- Rozwiązanie równania Schrödingera dla nieskończonej studni potencjału.
- Wartości własne operatora energii dla oscylatora harmonicznego.
- Równanie własne operatora pędu.
- Zasada nieoznaczoności Heisenberga.
- Operator momentu pędu: wartości własne operatorów  $L_z$  i  $L^2$ ,
- Reguły komutacji dla operatorów  $L_z$  i  $L^2$ .
- Równanie Schrödingera dla atomu wodoru – liczby kwantowe.
- Stopień degeneracji poziomów energetycznych.
- Widma metali alkalicznych.
- Orbitalny magnetyczny moment dipolowy;
- Spinowy magnetyczny moment dipolowy;
- Precesja Larmora;
- Doświadczenie Sterna-Gerlacha.
- Oddziaływanie spin-orbita; sprzężenia: L-S i j-j.
- Liczba kwantowa J.
- Czynniki Landego g w modelu wektorowym.
- Normalny efekt Zeemana.
- Anormalny efekt Zeemana.
- Efekt Starka.

- Konfiguracje elektronów w atomie.
- Układ okresowy pierwiastków.
- Reguły Hunda
- Liniowe widmo rentgenowskie.
- Prawo Moseley'a.
- Szerokość linii widmowych.
- Stany wieloelektronowe – termy spektralne.
- Hybrydyzacja.
- Rodzaje wiązań atomowych.

#### **Fizyka 4**

- Rozkład dwumianowy (Bernoulliego).
- Rozkład Poissona
- Rozkład Gaussa.
- Wartość średnia dla rozkładu dwumianowego.
- Wariancja, odchylenie standardowe jako miara fluktuacji.
- Postulaty statystyczne.
- Liczba stanów dozwolonych dla układu makroskopowego – zależność od energii.
- Mikroskopowa definicja parametru  $\beta$  i temperatury bezwzględnej.
- Własności temperatury bezwzględnej.
- Temperatury układów w równowadze cieplnej.
- Zerowa zasada termodynamiki
- Termometry.
- Pierwsza zasada termodynamiki.
- Entropia – definicja mikroskopowa.
- Zmiana entropii dla małego przekazy ciepła.
- Druga zasada termodynamiki.
- Entropia gazu doskonałego.
- Układ kontaktujący się termicznie ze zbiornikiem ciepła (rozkład kanoniczny).
- Funkcja rozdziału.
- Średnia energia a funkcja rozdziału.

- Paramagnetyzm: średnia wartość momentu magnetycznego,
- Podatność magnetyczna (prawo Curie).
- Ciepło właściwe oscylatora harmonicznego. Rozwinięcia wysoko- i nisko-temperaturowe.
- Średnia energia i średnie ciśnienie gazu doskonałego.
- Ogólne równanie stanu gazów doskonałych w zależności od wymiaru przestrzeni i wykładnika związku dyspersyjnego.
- Twierdzenie o ekwipartycji energii (przykłady).
- Maxwellowski rozkład prędkości.
- Średnia energia gazu opisanego rozkładem Maxwella.
- Równanie stanu gazu doskonałego – Clapeyrona.
- Przemiana izotermiczna (równanie stanu, wykresy).
- Przemiana izobaryczna (równanie stanu, wykresy).
- Przemiana izochoryczna (równanie stanu, wykresy).
- Przemiana adiabatyczna (równanie stanu, wykresy).
- Zasady termodynamiki i związki statystyczne.
- Silnik perpetuum mobile I i perpetuum mobile II rodzaju.
- Sprawność silnika.
- Cykl Carnota.
- Potencjały termodynamiczne: energia i energia swobodna.
- Potencjały termodynamiczne: entalpia i entalpia swobodna.
- Termodynamiczne tożsamości Maxwella.
- Równanie stanu dla fotonów – prawo Stefana.
- Stan równowagi pomiędzy fazami.
- Równanie Clausiusa-Clapeyrona.
- Układy otwarte – duża funkcja rozdziału.
- Statystyka kwantowa dla bozonów (Bosego-Einsteina).
- Statystyka kwantowa dla fermionów (Fermiego-Diraca).
- Statystyka klasyczna Maxwella-Boltzmanna
- Granica klasyczna statystyk kwantowych.
- Rozkład Bosego-Einsteina dla gazu fotonowego (rozkład Plancka).
- Ciepło właściwe dla fononów w przybliżeniu Einsteina.

- Ciepło właściwe dla fononów w przybliżeniu Debye'a.
- Periodyczne a sztywne warunki brzegowe.
- Gęstości stanów w 1,2,3 – wymiarowych w przestrzeniach wektora falowego.
- Gęstości stanów w przestrzeni energii dla liniowego związku dyspersyjnego (przestrzenie D1, D2 i D3).
- Gęstości stanów w przestrzeni energii dla kwadratowego związku dyspersyjnego (przestrzenie D1, D2, D3).
- Gaz elektronów swobodnych w temperaturze 0 K: rozkład Fermiego-Diraca, energia Fermiego.
- Kula Fermiego, pęd i temperatura Fermiego.
- Gaz elektronów swobodnych w temperaturze  $T$ : rozkład Fermiego-Diraca,
- Potencjał chemiczny a energia Fermiego.
- Ciepło właściwe gazu elektronów swobodnych – zależność od temperatury.

### Podstawy fizyki i techniki jądrowej

- Jakimi siłami oddziałują na siebie neutrony?
- Jakie wielkości fizyczne muszą być zachowane w układzie izolowanym, w którym zachodzi reakcja jądrowa typu  $a + b \rightarrow c + d$ ?
- Porównaj skalę rozmiarów jąder atomowych z rozmiarami całych atomów.
- Jakie jądra nazywamy jądrami izotopowymi ?
- Jakie siły działają na nukleony w jądrze? Podaj powód, dla którego jądro stanowi układ związany.
- Jak konstruuje się całkowity moment pędu dla jądra atomowego ?
- Podaj definicję energii wiązania i wyjaśnij różnicę pomiędzy dodatnią i ujemną jej wartością.
- Z jaką wielkością fizyczną związany jest moment magnetyczny nukleonu i dlaczego nie jest on równy zeru w przypadku neutronu?
- Wyjaśnij z czego zbudowane są nukleony?
- Jaki proces związany jest z jądrowym rozpadem  $\beta$  i jaki typ sił jest za to zjawisko odpowiedzialny?
- Co nazywamy energią reakcji jądrowej,  $Q$ ; wyjaśnij jaka jest interpretacja dodatniej i ujemnej jej wartości?
- Podaj definicję energii wiązania przypadającej na jeden nukleon i objaśnij jak zależy ona od masy atomowej  $A$ .
- Jaki jest mechanizm jądrowego rozpadu  $\alpha$ ? Napisz symbolicznie rozpad zakładając, że rozpada się jądro  $J_Z^A$ .



- Co nazywamy szerokością energetyczną stanu jądrowego  $\Gamma$ ? Jaka zasada definiuje zależność szerokości od czasu przebywania jądra w tym stanie – podaj tę zależność.
- Wyjaśnij istotę jądrowego promieniowania  $\gamma$ . Podaj najprostszą regułę wyboru.
- Badając strukturę jąder atomowych bombardujemy je niskoenergetycznymi nukleonami. Od czego zależą przekroje czynne na ich oddziaływanie z jądrem i skąd się bierze różnica pomiędzy przekrojami czynnymi dla protonów i neutronów?
- Skąd się bierze zasadnicza trudność, która powoduje, że znacznie łatwiej przeprowadzić jest kontrolowany proces rozszczepienia jądrowego niż proces syntezy jądrowej?
- Podaj i przedyskutuj prawo rozpadu promieniotwórczego wiążące liczbę atomów, która nie uległa rozpadowi z czasem liczonym od momentu rozpoczęcia się rozpadu próbki?
- Co nazywamy aktywnością próbki i jak zależy ona od czasu procesu aktywacji?
- Wyjaśnij istotę pozytonowej tomografii emisyjnej.
- Co nazywamy procesami spalacji i w jaki sposób proces taki zainicjować?
- Jakimi cząstkami posługujemy się aby wyznaczyć gęstość i rodzaj materiału metodą absorpcji?
- Objaśnij na czym polega proces neutronowej analizy aktywacyjnej.
- Wyjaśnij na czym polega hadronowa radioterapia? Dlaczego nowotwory są podatne na ten typ terapii?
- Wyraź warunek egzotermicznej syntezy jądrowej poprzez wartości energii wiązania przypadającej na jeden nukleon dla jąder podlegających syntezie względem jądra końcowego.
- Jakie jądra są używane najczęściej w energetyce jądrowej opartej na procesach rozszczepiania? Wyraź warunek egzotermicznego rozszczepienia jądrowego poprzez wartości energii wiązania przypadającej na jeden nukleon dla jądra podlegającego rozszczepieniu względem jąder w stanie końcowym.
- Jakiego typu obiekty pośredniczą w silnych oddziaływaniach (zwanym też jądrowymi)? Podaj ich cechy charakterystyczne.
- Wyjaśnij związek pomiędzy średnią wartością promienia jądra a jego masą atomową  $A$ .
- Jakie znasz rodzaje elementarnych oddziaływań i jakie obiekty elementarne w nich pośredniczą?
- Jakie efekty związane z liczbą masową  $A$  oraz liczbą atomową  $Z$  przyczyniają się do wartości energii wiązania jądra atomowego?

## Podstawy fizyki środowiska

- Wymień główne elementy globalnego ekosystemu Ziemi.
- Oddziaływanie człowieka na środowisko, aspekt globalny i regionalny.
- Omów główne etapy ewolucji gwiazd.

- Źródła energii w procesie ewolucji gwiazd.
- Teoria nukleosyntezy – jak powstały pierwiastki cięższe od żelaza?
- Powstania układu planetarnego Słońca – etapy, czas trwania.
- Ile wynosi wiek Ziemi i jak został określony?
- Budowa Ziemi.
- Teoria wielkich płyt litosfery (historia, główne elementy, konsekwencje).
- Metody badania wnętrza Ziemi.
- Ziemskie pole magnetyczne (pochodzenie, zmienność w czasie i przestrzeni, sposoby pomiaru).
- Magnetyzm planetarny (pole magnetyczne Słońca oraz planet innych niż Ziemia).
- W jaki sposób można odtworzyć zmiany ziemskiego pola magnetycznego w przeszłości?
- Skład i struktura pionowa atmosfery – ziemskiej i jego ewolucja przeszłości.
- Jaką rolę spełnia atmosfera w globalnym ekosystemie Ziemi?
- Cyrkulacja atmosfery w różnych skalach przestrzennych – jakie siły działają w atmosferze?
- Typy wiatrów w atmosferze.
- Rola tarcia w atmosferze.
- Własności fizyko-chemiczne wody.
- Przemiany fazowe wody.
- Prężność pary wodnej w atmosferze.
- Miary wilgotności powietrza.
- Procesy kondensacji w atmosferze.
- Równowaga pionowa atmosfery – adiabata sucha i adiabata wilgotna.
- Widmo ciała doskonale czarnego – prawo Plancka, prawo Stefana-Boltzmana, prawo Wiena.
- Absorpcja i rozpraszanie promieniowania w atmosferze – prawo Lamberta.
- Transport promieniowania w atmosferze – równanie Schwarzschilda.
- Temperatura radiacyjna układu Ziemia-atmosfera.
- Bilans radiacyjny Ziemi – efekt cieplarniany.
- Ogólna charakterystyka cykli biogeochemicznych (rodzaje cykli, typy transportu masy i energii).
- Proces fotosyntezy (model mechanistyczny, wydajność, rola dla biosfery).

- Drogi wymiany węgla między głównymi rezerwuarami globalnej ekosfery.
- Obieg azotu w przyrodzie.
- Obieg wody w przyrodzie.
- Bilans zasobów wody na Ziemi.
- Procesy transportu masy w środowisku (typy transportu, równanie transportu, przykłady zastosowań).
- Procesy adwekcji i dyfuzji w zastosowaniach środowiskowych.
- Zastosowania równania transportu do problemów rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w atmosferze.
- Modele rezerwuarowe.
- Wymiana masy między atmosferą i oceanem (podejście modelowe).
- Klimat na Ziemi – parametry i obserwacje.
- Rekonstrukcje zmian klimatu w przeszłości (narzędzia, typy zmian).
- Modele klimatyczne.
- Przewidywanie zmian klimatu.

### **Podstawy fizyki ciała stałego**

- Co to jest komórka elementarna i komórka prymitywna?
- Jak określa się położenia atomów w komórce?
- Czym różni się symetria translacyjna kryształu od symetrii translacyjnej pustej przestrzeni?
- Co to są osie symetrii kryształu?
- Sformułuj prawo Bragga
- Od czego zależy odległość międzypłaszczyznowa?
- Jakie czynniki mają wpływ na natężenie refleksów dyfrakcyjnych?
- Jakie doświadczalne efekty dynamiki kryształu można wyjaśnić przy użyciu przybliżenia harmonicznego?
- Jakie rodzaje fononów wyróżniamy w kryształach trójwymiarowych?
- Co określa liczbę stopni swobody atomów kryształu?
- Jakie nowe prawo zachowania obowiązuje przy zderzeniach fononów?
- Czym różni się niskotemperaturowe i wysokotemperaturowe zachowanie ciepła właściwego?
- Co to jest temperatura Debye'a?

- Jak doświadczalnie zbadać amplitudę termicznych drgań atomów?
- Co to jest orbitalny i spinowy moment magnetyczny?
- W jakich grupach pierwiastków moment magnetyczny zachowuje się w ciele stałym?
- Czym różni się diamagnetyzm od paramagnetyzmu?
- Wymień kilka rodzajów uporządkowania magnetycznego
- Czym różni się prawo Curie od prawa Curie-Weissa?
- Co to są wykładniki krytyczne?
- Jaka jest przyczyna powstawania domen magnetycznych?
- Czym różnią się materiały magnetycznie miękkie od twardych?
- Jakiego aspektu teorii pasmowej dotyczy twierdzenie Blocha?
- Jak jest rola wektora falowego  $\mathbf{k}$  w teorii pasmowej?
- Czym różni się pasmo od podpasma?
- Co to jest poziom Fermiego?
- Jak elektronowe ciepło właściwe metalu zależy od temperatury?
- Wymień dwa składniki całkowitego przewodnictwa cieplnego metalu.
- Jaka jest geneza oporu idealnego i resztkowego metalu?
- Czym różni się zachowanie oporu metalu od półprzewodnika, gdy temperatura zdąża do zera bezwzględnego?
- Czym pasmo przewodnictwa różni się od pasma walencyjnego?
- Jakie rodzaje przerwy energetycznej wyróżniamy w półprzewodniku i jakie to ma praktyczne znaczenie?
- Co to jest dziura (w półprzewodniku) i jak ją wytworzyć?
- Objasnij na przykładzie półprzewodników istotę stanów zlokalizowanych i zdelokalizowanych
- Jakie pierwiastki stosuje się do domieszkowania krzemu?
- Jakie zjawisko stanowi podstawę działania diody świecącej?
- Od czego zależy kolor światła emitowanego przez diodę świecącą i laser półprzewodnikowy?
- Jakie obszary można wyróżnić w złączu p-n ze względu na rodzaj i koncentrację nośników prądu?
- Jakie efekty makroskopowe charakteryzują nadprzewodnik?
- Jakie zjawisko kwantowe obserwujemy przy wnikanii pola magnetycznego do nadprzewodnika II rodzaju?

## Podstawy fizyki teoretycznej

- Co to są więzy i jakie są ich rodzaje?
- Co to są współrzędne uogólnione?
- Jakie równania uzyskujemy z zasady najmniejszego działania?
- Jakie warunki musi spełniać działanie?
- Co to jest transformacja Galileusza?
- Co rozumiemy przez jednorodność przestrzeni i czasu?
- Co oznacza izotropowość przestrzeni?
- Co to jest inercjalny układ odniesienia?
- Jak znajdujemy układy inercjalne?
- Jak znajdujemy funkcję Lagrange'a?
- Na czym polega niejednoznaczność wyboru funkcji Lagrange'a?
- Do czego służą i jaką mają postać równania Lagrange'a?
- Co to są całki ruchu?
- Ile niezależnych całek ruchu można wyznaczyć?
- Z jakimi własnościami przestrzeni i czasu związane są: energia, pęd całkowity i całkowity moment pędu?
- Czym różni się formalizm Hamiltona od formalizmu Lagrange'a?
- Co to jest funkcja Hamiltona?
- Jaką mają postać i do czego służą równania Hamiltona?
- Czym się różnią i co mają ze sobą wspólnego równania Lagrange'a i Hamiltona?
- Jaki fakt eksperymentalny stał się powodem powstania szczególnej teorii względności?
- Sformułuj zasady względności Einsteina.
- Co to jest i do czego służy transformacja Lorentza?
- Jakie własności mają czterowektory?
- Jak transformuje się czterowektor energii i pędu?
- Jaka siła działa na cząstkę naładowaną w polu elektrycznym i magnetycznym?
- Co to jest czteropotencjał pola elektromagnetycznego?
- Podaj związki pomiędzy wektorami pola elektrycznego i magnetycznego a składowymi czteropotencjału?
- Na czym polega swoboda cechowania czteropotencjału?

- Podaj równania Maxwella w postaci różniczkowej.
- Podaj równania Maxwella w postaci całkowej.
- W jakim celu do równań Maxwella dołączamy równanie ciągłości?
- Do czego służą równanie Poissona i Laplace'a?
- W jakich warunkach rozwiązanie równania Poissona jest jednoznaczne?
- Co to jest idealny przewodnik?
- Jak wygląda rozkład potencjału i pola elektrycznego wewnątrz przewodnika?
- Jak wygląda rozkład potencjału i pola elektrycznego na powierzchni przewodnika.
- Co to są i jaką rolę spełniają ładunki indukowane?
- Na czym polega metoda obrazów i kiedy możemy z niej korzystać?
- Na czym polega polaryzacja dielektryka?

### Metody matematyczne fizyki 1

- Liczba zespolona – jej reprezentacja „kartezjańska” (w postaci sumy części rzeczywistej i urojonej) oraz „biegunowa” (przy użyciu modułu i argumentu). Liczba sprzężona  $z^*$  do danej liczby zespolonej  $z$ .
- Wzór de Moivre'a.
- Wzór na  $n$ -ty pierwiastek z liczby zespolonej.
- Iloczyn skalarny dwóch wektorów w przestrzeni  $n$ -wymiarowej, wyrażony poprzez ich współrzędne a także przez długości wektorów i funkcje kąta pomiędzy nimi.
- Iloczyn skalarny a ortogonalność wektorów.
- Iloczyn wektorowy dwóch wektorów w przestrzeni 3-wymiarowej, wyrażony poprzez ich współrzędne oraz tensor (symbol) całkowicie antysymetryczny  $\epsilon_{ijk}$  i poprzez ich współrzędne oraz wersory osi (wyznacznik). Także: wyrażony poprzez ich długości i funkcje kąta pomiędzy nimi.
- Warunek liniowej niezależności zbioru wektorów  $\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2, \dots, \mathbf{v}_n$ , należących do przestrzeni liniowej  $V$ .
- Baza liniowej przestrzeni  $V$ .
- Transformacja współrzędnych wektora pomiędzy dwoma bazami.
- Mnożenie macierzy; podstawowe wzory. Kwestia przemienności mnożenia.
- Macierz unitarna, definicja.
- Transformacja podobieństwa macierzy, definicja.
- Ślad macierzy, definicja i własności transformacyjne
- Wyznacznik macierzy kwadratowej  $\mathcal{A}$  – definicja, sposób obliczania (rozwiniecie Laplace'a). Minory macierzy.

- Macierz odwrotna; warunki istnienia danej macierzy, podstawowe wzory służące do obliczania macierzy odwrotnej  $\mathcal{A}^{-1}$  do danej macierzy  $\mathcal{A}$ .
- Jak wpływa na wartość wyznacznika macierzy pomnożenie wszystkich elementów wiersza tego wyznacznika przez stałą  $\alpha$ ? A jak wpływa na wartość tego wyznacznika pomnożenie wszystkich elementów kolumny tego wyznacznika przez stałą  $\alpha$ ?
- Co nazywamy rzędem macierzy?
- Kiedy układ  $n$  równań liniowych na  $n$  niewiadomych jest oznaczony? sprzeczny? nieoznaczony?
- Kiedy układ  $n$  równań liniowych jednorodnych na  $n$  niewiadomych ma rozwiązanie (nietrywialne)?
- Kiedy układ  $m$  równań liniowych z  $n$  niewiadomymi ma rozwiązania?
- Problem własny: równanie własne, równanie charakterystyczne. znajdowanie wartości własnych i wektorów własnych (przypadek niezdegenerowanych wartości własnych).

## Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka

- Pojęcie prawdopodobieństwa.
- Prawdopodobieństwo warunkowe; niezależność zdarzeń.
- Prawdopodobieństwo całkowite.
- Twierdzenie Bayesa.
- Zmienna losowa dyskretna i ciągła (jednowymiarowa).
- Zmienna losowa dyskretna i ciągła (dwuwymiarowa).
- Rozkład prawdopodobieństwa dla zmiennej losowej dyskretnej.
- Dystrybuanta dla zmiennej losowej dyskretnej.
- Funkcja gęstości prawdopodobieństwa dla zmiennej losowej ciągłej.
- Dystrybuanta dla zmiennej losowej ciągłej.
- Rozkłady brzegowe i warunkowe dla dwuwymiarowej zmiennej losowej (dyskretnej i ciągłej).
- Funkcje zmiennej losowej. Momenty – zwykłe i centralne. Wartość oczekiwana, wariancja, kowariancja, współczynnik korelacji. Mediana, kwartyle.
- Podstawowe rozkłady (zmienna dyskretna): prawdopodobieństwa: jednostajny, dwumianowy, Poissona.
- Podstawowe rozkłady (zmienna ciągła): normalny (Gaussa) jedno- i dwuwymiarowy, Studenta.
- Centralne twierdzenie graniczne.

- Estymatory. Średnia arytmetyczna. Średnia ważona. Średnie odchylenie kwadratowe.
- Podstawowe założenie metody największej wiarygodności.
- Metoda najmniejszych kwadratów.
- Przedziały ufności: dla wartości oczekiwanej przy znanej i nieznaney dyspersji. Zależność szerokości przedziału od liczebności próby, wartości estymatorów i poziomu ufności.
- Jakie są wartości podstawowych parametrów (wartość oczekiwana, wariancja), charakteryzujących rozkład jednorodny (równomierny)? Przyjmij długość przedziału zmiennej losowej równą  $L$ .
- Wyjaśnij kryterium  $\pm 3\sigma$  stosowane w kontroli procesów produkcyjnych.
- Rozkład Poissona definiuje się jako graniczny przypadek rozkładu Bernoulliego. Wyjaśnij na czym polega to „przejście graniczne”.
- Jakie zmienne losowe (jakie sytuacje „praktyczne”) opisywane są dobrze rozkładem Poissona?
- Jak wyznaczyć odchylenie standardowe sumy lub różnicy zmiennych niezależnych?

## Metody matematyczne fizyki 2

- Szereg Taylora funkcji zmiennej zespolonej.
- Szereg Laurenta funkcji zmiennej zespolonej.
- Sklasyfikuj rodzaje osobliwości funkcji zmiennej zespolonej: usuwalną, biegunową i istotną. Podaj przykłady każdej takiej osobliwości.
- Czemu jest równe residuum funkcji zmiennej zespolonej w punkcie będącym osobliwością usuwalną tej funkcji?
- Czemu jest równe residuum funkcji zmiennej zespolonej w punkcie będącym osobliwością biegunową tej funkcji?
- Czemu jest równe residuum funkcji zmiennej zespolonej w punkcie będącym osobliwością istotną tej funkcji?
- Twierdzenie o residuach.
- Jakie są konsekwencje warunków Cauchy’ego-Riemanna? W szczególności: co wiesz o wzajemnym usytuowaniu izolinii  $u(x, y) = \text{const}$  i  $v(x, y) = \text{const}$ , (gdzie  $u$  i  $v$  to odpowiednio część rzeczywista i urojona *analitycznej* funkcji zmiennej zespolonej  $f(x, y) = u(x, y) + iv(x, y)$ ) na płaszczyźnie zespolonej? Jakie równanie muszą spełniać  $u$  i  $v$ , jeżeli  $f$  jest funkcją analityczną?
- O czym mówi twierdzenie Liouville’a?
- O czym mówi lemat Jordana?
- Co to jest punkt będący osobliwością regularną, a co – osobliwością nieregularną dla równania różniczkowego?



- Jakie znasz podstawowe równania różniczkowe, drugiego rzędu, liniowe? Jakie są ich punkty osobliwe? W szczególności: które równanie jest formą kanoniczną równania o trzech punktach osobliwych regularnych (jakie to punkty)? A jakie równanie jest formą kanoniczną równania o jednym punkcie osobliwym regularnym i jednym – nieregularnym?
- Co wiesz o obu rozwiązaniach równania Legendre'a:  
 $(1 - x^2)y''(x) - 2xy'(x) + l(l + 1)y(x) = 0, \quad l = 0, 1, 2, \dots?$
- Do jakich równań separuje się równanie Schroedingera dla atomu wodoru? W szczególności – jak wygląda równanie radialne? Jego rozwiązania? Dlaczego muszą być wielomianami zmiennej radialnej? Jakie są tego konsekwencje?
- Równanie Schroedingera dla oscylatora harmonicznego ma rozwiązanie, w którym występują pewne wielomiany ortogonalne? Jakie?
- Jaką postać ma funkcja konfluentna  $F(a, b; x)$  w przypadku ogólnym? A jaką, gdy parametry  $a$  i/lub  $b$  przybierają pewne specyficzne wartości (jakie)?. Dlaczego to jest tak istotne z punktu widzenia fizyki?
- Jaką (przybliżoną) postać ma funkcja konfluentna  $F(a, b; x)$  dla dużych wartości argumentu  $x$ ?
- Zdefiniuj pojęcie iloczynu wewnętrznego („skalarnego”) dwóch funkcji w przestrzeni funkcyjnej. Kiedy funkcje nazywamy ortogonalnymi?
- Co to znaczy, że operator występujący w równaniu różniczkowym jest samosprężony? Podaj definicję zarówno poprzez równość odpowiednich iloczynów skalarnych, jak i własności funkcji występujących w określeniu operatora, a także funkcji na które operator działa.
- Jakie własności posiadają rozwiązania równania różniczkowego, którego operator posiada własność samosprężoności (przypadek niezdegenerowanych wartości własnych)?
- Określ z jakimi jakościowo różnymi typami przedziałów zmiennej  $x$  (tj. skończony, domknięty jednostronnie, otwarty obustronnie) możemy mieć do czynienia „w praktyce”. Jakie znasz funkcje, które mogą być stanowić bazę w tych przedziałach? Jakie są funkcje wagowe (w określeniu iloczynu wewnętrznego) dla tych przedziałów?
- Czy oprócz wielomianów Legendre'a znasz jeszcze inne funkcje, które mogą być bazą w przedziale zmiennej  $x$  o skończonej długości (np.  $[0, 1]$ )? Jakie są wagi takich funkcji?
- Funkcja gamma Eulera; jej definicja całkowa i podstawowe własności.

## Teoria Obwodów i Sygnałów

- Prawo Ohma i prawa Kirchhoffa dla obwodów prądu stałego.
- Źródło napięcia i źródło prądu.
- Twierdzenie Thevenina, twierdzenie Nortona, zasada superpozycji.
- Metoda prądów oczkowych, metoda potencjałów węzłowych.
- Relacje prądowo-napięciowe dla elementów R, L, C dla prądu zmiennego.

- Metoda liczb zespolonych.
- Charakterystyka amplitudowa i fazowa obwodu całkującego — filtru dolno-przepustowego.
- Charakterystyka amplitudowa i fazowa obwodu różniczkującego — filtru górno-przepustowego.
- Definicja i własności transformaty Laplace'a.
- Przekształcenie odwrotne Laplace'a, metoda residuów.
- Metodologia analizy obwodów prądu zmiennego przy pomocy transformaty Laplace'a.
- Prawa Kirchhoffa w postaci operatorowej.
- Schemat zastępczy i parametry idealnego wzmacniacza operacyjnego.
- Wzmacniacz odwracający zbudowany w oparciu o idealny wzmacniacz operacyjny.
- Wzmacniacz nieodwracający zbudowany w oparciu o idealny wzmacniacz operacyjny.
- Wtórnik napięciowy zbudowany w oparciu o idealny wzmacniacz operacyjny.
- Wzmacniacz sumujący zbudowany w oparciu o idealny wzmacniacz operacyjny.
- Wzmacniacz różnicowy zbudowany w oparciu o idealny wzmacniacz operacyjny.
- Wzmacniacz całkujący zbudowany w oparciu o idealny wzmacniacz operacyjny.
- Wzmacniacz różniczkujący zbudowany w oparciu o idealny wzmacniacz operacyjny.
- Założenia i podstawowa formuła elementarnej teorii sprzężenia zwrotnego.
- Wpływ ujemnego sprzężenia zwrotnego na liniowość i charakterystyki częstotliwościowe układu.
- Złącze p-n, charakterystyka prądowo-napięciowa.
- Zastosowanie diod w układach elektronicznych.
- Tranzystor bipolarny, charakterystyka prądowo-napięciowa.
- Model małosygnałowy i schemat zastępczy tranzystora bipolarnego.
- Tranzystor MOS, charakterystyka prądowo-napięciowa.
- Model małosygnałowy i schemat zastępczy tranzystora MOS.

### **Układy Elektroniczne**

- Układ wspólnego emitera — małosygnałowe wzmocnienie napięciowe i prądowe, rezystancja wejściowa i wyjściowa.
- Układ wspólnego kolektora — małosygnałowe wzmocnienie napięciowe i prądowe, rezystancja wejściowa i wyjściowa.
- Układ wspólnej bazy — małosygnałowe wzmocnienie napięciowe i prądowe, rezystancja wejściowa i wyjściowa.

- Układ wspólnego źródła — małosygnałowe wzmocnienie napięciowe i prądowe, rezystancja wejściowa i wyjściowa.
- Układ wspólnego drenu — małosygnałowe wzmocnienie napięciowe i prądowe, rezystancja wejściowa i wyjściowa.
- Układ wspólnej bramki — małosygnałowe wzmocnienie napięciowe i prądowe, rezystancja wejściowa i wyjściowa.
- Odpowiedź częstotliwościowa w układach jednotranzystorowych. Pełna analiza częstotliwościowa oraz przybliżenie Millera.
- Konfiguracje wzmacniaczy z dwoma tranzystorami: układy Darlingtona, wzmacniacz kaskodowy.
- Źródła prądowe na tranzystorach bipolarnych: lustro prądowe, źródło Widlara, źródło kaskodowe, źródło Wilsona.
- Źródła prądowe na tranzystorach MOS: lustro prądowe, źródło Widlara, źródło kaskodowe, źródło Wilsona.
- Układy wzmacniaczy z aktywnym obciążeniem.
- Schemat i zasada działania wzmacniacza różnicowego na tranzystorach bipolarnych i MOS.
- Wzmocnienie różnicowe i wzmocnienie wspólne we wzmacniaczu różnicowym na tranzystorach MOS.
- Schemat i własności wzmacniacza różnicowego na tranzystorach MOS z obciążeniem aktywnym.
- Wzmacniacze mocy.
- Inwerter jako podstawowa bramka elektroniki cyfrowej. Własności statyczne i dynamiczne inwertera.
- Podstawowe reguły algebra Boole'a.
- Podstawowe bramki logiczne i ich tablice prawdy.
- Sposoby minimalizacji funkcji logicznych przy użyciu tablic Karnaugh.
- Postacie kanoniczne funkcji logicznych.