

Elektrodynamika Klasyczna

Tematy Egzaminacyjne

I. Równania Maxwella w próżni

Energia oddziaływania elektrostatycznego punktowych ładunków, potencjał elektrostatyczny, zasada lokalności oddziaływań i koncepcja pola elektrycznego, siła działająca na ładunek umieszczony w polu, wektor pola elektrycznego, ciągłe rozkłady ładunków. Prawo Gaussa, warunki brzegowe dla wektora pola elektrycznego, twierdzenie o jednoznaczności dla wektora pola elektrycznego. Sformułowanie i uzasadnienie równań Maxwella w próżni za pomocą metody powolnych pchnięć układów ładunków statycznych (procedura Schwingera). Wyrażenie na siłę w polu elektromagnetycznym. Rozszerzenie równań Maxwella o monopole magnetyczne, symetria dualności, pole monopola magnetycznego. Postać próżniowych równań Maxwella w układzie Gaussa i w układzie SI.

II. Elektrodynamika relatywistyczna

Grupa Lorentza jako grupa symetrii równań Maxwella. Przeształcenia pól, ładunków i prądów, niezmienniki. Mechanika relatywistyczna: czteroprędkość, składanie prędkości, relatywistyczne pęd i energia, relatywistyczna postać siły Lorentza.

III. Zasady zachowania energii, pędu i momentu pędu dla pola elektromagnetycznego oddziałującego z materią

Gęstość energii i strumienia energii, gęstość pędu i momentu pędu pola, gęstość siły. Tensor energii-pędu (napięcie). Zasady zachowania. Dysk Feynmana, pęd pola w kablu koncentrycznym, moment pędu w układzie składającym się z ładunku i elementarnego monopola magnetycznego.

IV. Ogólne metody elektrostatyki

Potencjał elektrostatyczny jako całka wzdłuż krzywej zorientowanej. Warunki brzegowe na potencjał elektrostatyczny: warunki Dirichleta i warunki Neumanna. Równanie Poissona i równanie Laplace'a. Jednoznaczność rozwiązania równania Laplace'a. Elektrostatyka przewodników, rozkład ładunków w przewodnikach, rozkład ładunków na powierzchni przewodników, ciśnienie elektrostatyczne (siła działająca na jednostkę powierzchni przewodnika). Pojemność, kondensatory. Rozwinięcie multipolowe w elektrostatyce, dipol elektryczny, potencjał i natężenie pola dipola.

V. Metoda obrazów

Uzasadnienie metody i przykłady zastosowań (ładunki punktowe przy płaszczyźnie przewodzącej i przy sferze przewodzącej, dipol przy sferze przewodzącej itp).

VI. Rozwiązywanie równania Laplace'a w krzywoliniowych układach współrzędnych

Separacja zmiennych we współrzędnych kartezjańskich. Ortogonalne układy współrzędnych i wyrażenia na operacje gradientu, dywergencji, rotacji i laplasjanu w tych współrzędnych¹. Separacja zmiennych we współrzędnych sferycznych, wielomiany Legendre'a.

¹Dopuszczalne są notatki z jawną postacią tych operatorów.

Separacja zmiennych we współrzędnych walcowych, funkcje Bessela.

VII. Funkcje Greena

Funkcje Greena dla równania Laplace'a. Warunki Dirichleta i Neumanna. Twierdzenia Greena i rozwiązywanie równania Laplace'a w obszarach o różnych geometriach.

VIII. Elektrostatyka w dielektrykach

Polaryzowalność, wektor polaryzacji. Gęstość objętościowych i powierzchniowych ładunków związanych. Pole indukcji elektrycznej. Liniowe izotropowe dielektryki. Równania elektrostatyki w liniowych izotropowych dielektrykach. Warunki brzegowe w dielektrykach. Pojemność kondensatorów wypełnionych dielektrykami. Energia pola elektrycznego w dielektryku. Metoda obrazów w dielektryku.

IX. Magnetostatyka

Twierdzenie Helmholtza (z dowodem). Potencjał wektorowy. Wyrażenie na potencjał wektorowy przez gęstość prądu. Prawo Biot-Savarta. Prawo Ampere'a. Cechowanie Coulomba dla potencjału wektorowego. Rozwinięcie multipolowe w magnetostatyce. Dipol magnetyczny, potencjał wektorowy i indukcja magnetyczna pochodzące od dipola magnetycznego. Moment dipolowy płaskiej pętli z prądem. Energia orientacji dipola w zewnętrznym polu magnetycznym. Moment obrotowy i siła działające na dipol w zewnętrznym polu magnetycznym.

X. Pole magnetyczne w materii

Wektor magnetyzacji, diamagnetyki, paramagnetyki i ferromagnetyki. Objętościowe i powierzchniowe prądy związane. Wektor natężenia pola magnetycznego. Równania magnetostatyki w magnetyku. Warunki brzegowe dla pól w ośrodku magnetycznym.

XI. Pole elektromagnetyczne zależne od czasu

Prąd polaryzacji, zależne od czasu równania Maxwella w liniowym ośrodku dielektrycznym i magnetycznym. Prawo Faradaya, siła elektromotoryczna. Induktory, energia pola magnetycznego. Zasada zachowania energii dla pola elektromagnetycznego w materii, wektor gęstości strumienia energii w materii.

XII. Fale elektromagnetyczne w próżni

Równanie falowe dla pola elektrycznego i magnetycznego. Rozwiązanie równań Maxwella bez źródeł w postaci liniowo spolaryzowanej fali płaskiej. Prędkość fali elektromagnetycznej. Gęstość energii, natężenie i wektor Poyntinga dla fali płaskiej. Monochromatyczne fale sferyczne, wektor Poyntinga dla fali sferycznej.

XIII. Falowód prostokątny

XIV. Odbicie i załamanie fal na granicy ośrodków

Prawa Snelliusa, kąt krytyczny, całkowite odbicie. Równania Fresnela, współczynniki załamania i odbicia dla polaryzacji TE i TM. Kąt Brewstera.

XV. Promieniowanie

Równanie d'Alemberta. Opóźniona (retardowana) funkcja Greena dla równania d'Alemberta.

Potencjały opóźnione (retardowane). Promieniowanie dipola elektrycznego. Dipol Hertza.

Rozkład natężenia promieniowania dipola elektrycznego.