FSI3005 Kvalitativa och approximativa metoder i teoretisk fysik 5,0 hp

Qualitative and Approximate Methods in Theoretical Physics

När kurs inte längre ges har student möjlighet att examineras under ytterligare två läsår.

Fastställande

Kursplan för FSI3005 gäller från och med VT09

Betygsskala

Utbildningsnivå

Forskarnivå

Särskild behörighet

Kursen vänder sig till doktorander som specialiserar sig eller vill specialisera sig i teoretisk fysik eller yngre forskare som arbetar i detta fält.

Elementär differential- och integralkalkyl, elementär komplex analys, klassisk mekanik och elektrodynamik, kvantmekanik.

Undervisningsspråk

Undervisningsspråk anges i kurstillfällesinformationen i kurs- och programkatalogen.

Lärandemål

Doktoranden ska efter genomgången kurs kunna:

- några generellt användbara verktyg i teoretisk fysik.
- göra uppskattningar av matematiska uttryck.
- använda dimensionsanalys.
- göra modelluppskattningar i fysikaliska problem.
- använda olika metoder för störningsteori.
- använda kvalitativa och approximativa metoder.

Kursinnehåll

Kursen ägnas åt några användbara verktyg i teoretisk fysik, metoder som ofta används av erfarna teoretiker men sällan lärs ut i en enda kurs. Dessa är de kvalitativa och approximativa metoderna som tillåter en att avslöja de karakteristiska dragen i det studerade problemet och i många fall finna en approximativ lösning utan att finna en helhetslösning på problemet. Normalt erhålls kunskap om dessa metoder genom erfarenhet och är en del av "vandringssägnerna" i teoretisk fysik. Denna kurs är ett försök att samla några av dessa strategier i en enda kurs.
Det innehåll som tas upp i kursen är: Uppskattningar av matematiska uttryck (derivator och integraler), ungefärliga metoder att lösa algebraiska ekvationer och differentialekvationer, dimensionsanalys, modelluppskattningar i fysikaliska problem (inklusive problem i kvantmekanik och atomfysik), olika fall av störningsteori, plötsliga och adiabatiska störningar, WKB-approximationen, metoder baserade på analytiska egenskaper hos fysikaliska kvantiteter, kvalitativa metoder i relativistisk kvantmekanik, kvantfältteori och partikelfysik (inga förkunskaper förutsätts).

Kursupplägg

1. Introduktion. Varför använda ungefärliga och kvalitativa metoder? Ett exempel: dimensionsanalysens styrka. Förenklingsstadier och kvalitativa analyser av fysikaliska problem.
2. Uppskattningar av matematiska uttryck. Uppskattningar av derivator. Uppskattningar av integraler. Matchning av olika gränsvärden. Asymptotiska serier. Integraler över snabba oscillerande funktioner och partiell integration. Ungefärliga metoder för att lösa algebraiska ekvationer och differentialekvationer.
3. Dimensionsanalys. Den enkla pendelns rörelse. Newtons gravitationslag. Flödet av vätska genom ett utskov. Vätskors rörelse i rör. Kroppars rörelse i vätska.
4. Modellberäkningar i kvantmekanik och atomfysik. Stationära tillstånd. Obestämbarhetsprincipen och Bohrradien. Exciterade tillstånds livstid i atomer. Spridningsprocesser och uppskattningar av tvärsnitt. Rutherfordformeln. Resonanseffekter.
5. Olika fall av störningsteori. Störningar i ett kontinuerligt spektrum. Störningar i diskreta energinivåer som ligger nära varandra. Plötsliga och adiabatiska störningar. Atomisk jonisering på grund av betasönderfall och kärnreaktioner. Jonisering på grund av en långsam passage av en tung partikel.

6. WKB-approximation. Vågfunktioner och Stokes linjer. Matchning av vågfunktioner. Kinetiska medelenergin och virialteoremet. Kvasi-klassiska matriselement. Barriärpenetration.
7. Metoder som bygger på analytiska egenskaper hos fysikaliska storheter. Ljudhastighetens beroende på vågvektorn. Dielektricitetskonstantens och spridningsamplitudens analytiska egenskaper. Spridningsamplituden nära tröskeln.
8. Kvalitativ metod för kvantprocesser i starka yttre fält. Effekter av ett starkt yttre fält på differentiella egenskaper och kvantprocessers totala takt. Ett exempel: betasönderfall i ett starkt laserfält.
9. Kvalitativa metoder i relativistisk kvantmekanik, partikelfysik och kvantfältteori. Propagatorn och dess fysikaliska betydelse. Koordinat- och rörelsemängdsrepresentationerna. Propagator för Schrödingerekvationen. Partiklar i ett yttre fält. Fotonens propagator. Relativistiska propagatorer för partiklar med spinn 0 och 1 / 2. Spridningsamplituder och bundna tillstånd. Enkla kvantelektrodynamiska processer och deras tvärsnitt.

Kurslitteratur

- **A.B. Migdal, Qualitative methods in quantum theory, W.A. Benjamin, Reading, Advanced Book Program, 1977. (Frontiers in physics, v. 48)**
- **L.I. Sedov, Similarity and dimensional methods in mechanics, CRC Press, Boca Raton, 1993.**
- **A. Erdelyi, Asymptotic expansions, Dover, New York, 1956.**

Examination

Examinator beslutar, baserat på rekommendation från KTH:s handläggare av stöd till studenter med funktionsnedsättning, om eventuell anpassad examination för studenter med dokumenterad, varaktig funktionsnedsättning.

Examinator får medge annan examinationsform vid omexamination av enstaka studenter.

Övriga krav för slutbetyg

Inlämningsuppgifter och en muntlig tentamen.

Etiskt förhållningssätt

- Vid grupparbete har alla i gruppen ansvar för gruppens arbete.
- Vid examination ska varje student ärligt redovisa hjälp som erhållits och källor som använts.
- Vid muntlig examination ska varje student kunna redogöra för hela uppgiften och hela lösningen.