

Til: SUFU
Fra: Jon Magne Leinaas

10/2-2015

Endring av navn på fysikkemnet FYS 4110

Jeg ønsker å få godkjent endring av navnet på FYS 4110 *Ikke-relativistisk kvantemekanikk*. Som nytt navn foreslås *Moderne kvantemekanikk*, på engelsk *Modern Quantum Mechanics*

Begrunnelsen for endringen er å få bedre overensstemmelse mellom navn og innhold i kurset. Dette innebærer altså ingen endring i innholdet, og emnekoden FYS4110 bør dermed kunne beholdes.

Siktepunktet med FYS4110 siden det ble innført for drøyt 10 år siden har vært å gi en innføring i emner som har kommet mer i fokus de seneste tiårene, slike som

- veiintegralerbeskrivelse
- koherente tilstander
- rene og blandete kvantetilstander
- kvantemekanisk sammenfiltrering
- kvanteinformasjon
- åpne kvantesystemer
- spontan og stimulert emisjon
- prinsippet for lasere

En mer detaljert oversikt over innholdet i FYS 4110 er gitt som vedlegg, i form av innholdsfortegnelsen til kompendiet som har vært utviklet til kurset.

Det kan legges til at begrepet *Modern Quantum Mechanics* er vel etablert som en beskrivelse av utviklingen innen dette fagområdet i senere år. Betegnelsen *Ikke-relativistisk kvantemekanikk* er også på sin plass, siden relativistiske effekter stort sett er uten betydning i denne delen av fysikken, men dette begrepet synes likevel i mindre grad å karakterisere innholdet enn *Moderne kvatemekanikk*.

Det kan være på sin plass, som en overgangordning, å referere i emnebeskrivelsen til at FYS 4110 *Moderne kvantemekanikk* svarer helt til det tidligere FYS 4110 *Ikke-relativistisk kvantemekanikk*.

Vennlig hilsen,
Jon Magne Leinaas

Contents

1	Quantum formalism	5
1.1	Summary of quantum states and observables	5
1.1.1	Classical and quantum states	5
1.1.2	The fundamental postulates	9
1.1.3	Matrix representations and wave functions	11
1.1.4	Spin-half system and the Stern Gerlach experiment	14
1.2	Field quantization	16
1.3	Quantum Dynamics	20
1.3.1	The different pictures of the time evolution	20
1.3.2	Path integrals	23
1.3.3	Continuous paths for a free particle	28
1.3.4	The classical theory as a limit of the path integral	29
1.3.5	A semiclassical approximation	30
1.3.6	The double slit experiment revisited	31
1.4	The two-level system and the harmonic oscillator	34
1.4.1	The two-level system	34
1.4.2	Spin dynamics and magnetic resonance	36
1.4.3	Harmonic oscillator and coherent states	40
1.4.4	The Jaynes-Cummings model	47
1.4.5	Fermionic and bosonic oscillators: an example of supersymmetry	50
2	Quantum mechanics and probability	53
2.1	Classical and quantum probabilities	53
2.1.1	Pure and mixed states, the density operator	53
2.1.2	Entropy	56
2.1.3	Mixed states for a two-level system	58
2.2	Entanglement	59
2.2.1	Composite systems	59
2.2.2	Classical statistical correlations	60
2.2.3	States of a composite quantum system	62
2.2.4	Correlations and entanglement	63
2.2.5	Entanglement in a two-spin system	66
2.3	Quantum states and physical reality	68
2.3.1	EPR-paradox	68

2.3.2	Bell's inequality	71
3	Quantum physics and information	79
3.1	An interaction-free measurement	79
3.2	The No-Cloning Theorem	83
3.3	Quantum teleportation	84
3.4	From bits to qubits	86
3.5	Communication with qubits	88
3.6	Principles for a quantum computer	90
3.6.1	A universal quantum computer	90
3.6.2	A simple algorithm for a quantum computation	94
3.6.3	Can a quantum computer be constructed?	96
4	Photons and atoms	99
4.1	Classical electromagnetism	99
4.1.1	Maxwell's equations	100
4.1.2	Lagrange-Hamilton formulation of classical Maxwell theory	102
4.2	Photons – the quanta of light	106
4.2.1	The quantized field	106
4.2.2	Constructing Fock space	109
4.2.3	Coherent and incoherent photon states	110
4.2.4	Photon emission and photon absorption	116
4.2.5	Dipole approximation and selection rules	118
4.3	Photon emission from excited atom	121
4.3.1	First order transition and Fermi's golden rule	121
4.3.2	Emission rate	123
4.3.3	Life time and line width	125
4.4	The Lindblad equation	127
4.4.1	Application to a two-level system	129
4.5	Stimulated photon emission and the principle of lasers	131
4.5.1	Three-level model of a laser	132
4.5.2	Laser light and coherent photon states	135
5	Quantum mechanics and geometry	139
5.1	Geometry of quantum states	139
5.1.1	Example: Geometry of the two-level system	142
5.1.2	Geometrical structures in parameter space	143
5.2	Adiabatic evolution and the geometric phase	146
5.2.1	The adiabatic approximation	147
5.2.2	The geometric phase	148
5.2.3	Example: Spin motion in a magnetic field	150