

PhysStat_S1

Statistical Physics (S1)

Contact: [Pr. Alberto Verga](#)

Principles

- Statistical ensemble: from the microscopic states to thermodynamics
- Density matrix and the microcanonical distribution of an isolated system
- Gibbs ensembles
- Gibbs distribution (classical and quantum); the partition function and the free energy
- Thermodynamic quantities

Noninteracting systems

- Energy equipartition
- Ideal gas
- Rotation and vibration of molecules
- Bose distribution, photons and phonons, Debye, Bose condensation
- Fermi distribution, degenerated electron gas

Interactions

- Pauli paramagnetism and mean field ferromagnetism
- Landau diamagnetism
- Ising model, low and high energy expansions in 2D
- Cumulant expansion and virial coefficients
- Van der Waals equation and liquid-gas transition

Phase transitions and fluctuations

- Phenomenology and scaling laws
- Order parameter and Landau free energy
- Symmetry breaking
- Linear response and correlations

Applications

- From the binomial distribution to the large number and central limit theorems
- Chaos, ergodicity and mixing
- Mixing entropy and the Gibbs paradox
- Maxwell demon and information theory
- Two level systems
- Quantum oscillator
- Monte Carlo for the ising model
- 2x2 random matrices, Wigner surmise
- Lenard-Jones potential and molecular dynamics
- White dwarf stars Black hole entropy
- Yang-Lee theory of phase transitions
- Quantum spin in a transverse field

References:

- Chaikin et Lubensky, Principles of Condensed Matter Physics, Cambridge, 1995.
 - Kardar, Statistical Physics, particles (I) and fields (II), Cambridge, 2007.
 - Krapivsky, Redner et Ben-Naim, A Kinetic view of Statistical Physics, Cambridge, 2010.
 - Leach, Molecular Modelling, Prentice Hall, 2001.
 - Mori et Kuramoto, Dissipative Structures and Chaos, Springer, 1998.
 - Onuki, Phase Transition Dynamics, Cambridge, 2002.
 - Safran, Statistical Thermodynamics of Surfaces, Interfaces and Membranes, Westview, 2003.
 - Sethna, Statistical Mechanics: entropy, order parameters and complexity, Oxford, 2006.
-

Quantum Mechanics-S1

Quantum Mechanics

Contact: [L. Raymond](#)

Content:

- Quantum Mechanics : postulates and formalism
- Spin and rotational symmetry - Spin measurements
- General theory of angular momentum and spin - composition of angular momenta
- Quantum entanglement and Bell's theorem
- Identical particles : bosons and fermions, elements of second quantization
- Stationary perturbation theory
- Time evolution of systems and time dependent perturbation theory
- Element of scattering theory

Programme:

Description de l'état d'un système quantique - Rappels historiques - Espaces de Hilbert et états, exemple du spin et d'une particule - Observables et mesures, réduction du paquet d'onde, inégalité de Heisenberg Opérateur densité - Systèmes composites, applications aux particules identiques et à l'intrication

Evolution temporelle - Equation de Schrödinger - Opérateur d'évolution, calcul pour un spin et une particule libre - Particule dans un champ magnétique, invariance jauge et équation de Pauli

Symétries en mécanique quantique - Transformation géométriques, action sur les états quantiques - Opérateur de translation - Rotations et moment cinétique, application au moment cinétique orbital et au spin - Composition des moments cinétiques

Théorie des perturbations dépendantes du temps - Calcul perturbatif de l'opérateur d'évolution, série de Dyson - Application à la diffusion et à l'interaction atome-onde électromagnétique.

Références:

- [1] M. Le Bellac, "Physique Quantique", 2 volumes, EDP Sciences (2013)
 - [2] R. Shankar, "Principles of quantum mechanic", Plenum Press (1994)
-

Mathematics for Physics-S1

Mathematics for Physics

Contact: [C. Marinoni](#)

Spaces And Vector Spaces

- Space
- Measurable spaces
- Topological spaces
- Vector spaces
- Representation of vectors and operators in a basis

Curvilinear Coordinates

- Coordinates systems
- Euclidean metric associated to a coordinates system
- Coordinates transformations
- Bases associated to a coordinates system
- Charting a space with coordinates
- Derivatives of geometric vectors
- Relation between bases
- Measuring the extension of figures in space

Integral and differential operators

- Types of fields
- Gradient of a scalar field
- Line integrals of vector fields
- Surface integrals of vector fields
- Curl of a vector field
- The Laplacian
- Remarkable integral identities
- Potential Theory

Calculus of Variations

- Local maxima and minima of functions
- Lagrange multipliers
- Functionals
- First Integral of the Euler-Lagrange equation
- Variation of constrained functionals
- Functionals with variable end points
- Maxima and minima of functionals
- Fermat's principle
- Principle of least action
- Noether's theorem
- Variational principle applied to fields

Orthogonal Functions

- Fundamental function spaces
- Orthonormal bases for functions
- Orthogonal polynomials

Ordinary Differential Equations

- Ordinary differential equations: a quick review
 - Initial Value Problems for second order linear HODE
 - IVPs for second order linear IODE
 - Boundary values problems
 - BVPs for a second order linear IODE: the eigenfunctions' method
-

ElectroMagnetism & optics-S1

ElectroMagnetism & optics

Contact: [A. Nicolet](#)

Programme:

Électrodynamique : de la théorie fondamentale à la photonique

Prérequis/Rappels des outils mathématiques: géométrie différentielle et topologie, analyse fonctionnelle : distributions, transformations de Fourier, opérateurs et théorie spectrale, analyse du plan complexe, formalismes lagrangien et hamiltonien.

Définition d'un problème électromagnétique bien posé :

- Équations de Maxwell (EM) et conditions de passage aux interfaces (on utilise l'expression des EM sous une forme indépendante des milieux matériels et au sens des distributions pour établir des résultats complètement généraux), forme intégrale des EM à l'aide du théorème de Stokes.
- Milieux matériels - classification des milieux simples (isotropie, anisotropie, bianisotropie, dispersion temporelle - causalité et relations de Kramers-Kronig), homogénéisation.
- Conditions aux limites (Dirichlet, Neumann, Floquet-Bloch pour les structures périodiques, conditions d'ondes sortantes...)

Formulation lagrangienne. Mouvement d'une particule dans un champ électromagnétique, forme lagrangienne et hamiltonienne.

Fonctions de Green pour les équations des ondes de l'électromagnétisme et formulations intégrales. Électrodynamique des charges en mouvement, rayonnement électromagnétique.

Optique physique : Optique de Fourier et intégrale de Fresnel. Réseaux de diffraction.

Introduction à la photonique : Cristaux photoniques, métamatériaux. Optique de transformation. Plasmonique.

ElectroMagnetism & optics-S1

ElectroMagnetism & optics

Contact: [A. Nicolet](#)

Programme:

Électrodynamique : de la théorie fondamentale à la photonique

Prérequis/Rappels des outils mathématiques: géométrie différentielle et topologie, analyse fonctionnelle : distributions, transformations de Fourier, opérateurs et théorie spectrale, analyse du plan complexe, formalismes lagrangien et hamiltonien.

Définition d'un problème électromagnétique bien posé :

- Équations de Maxwell (EM) et conditions de passage aux interfaces (on utilise l'expression des EM sous une forme indépendante des milieux matériels et au sens des distributions pour établir des résultats complètement généraux), forme intégrale des EM à l'aide du théorème de Stokes.
- Milieux matériels - classification des milieux simples (isotropie, anisotropie, bianisotropie, dispersion temporelle - causalité et relations de Kramers-Kronig), homogénéisation.
- Conditions aux limites (Dirichlet, Neumann, Floquet-Bloch pour les structures périodiques, conditions d'ondes sortantes...)

Formulation lagrangienne. Mouvement d'une particule dans un champ électromagnétique, forme lagrangienne et hamiltonienne.

Fonctions de Green pour les équations des ondes de l'électromagnétisme et formulations intégrales. Électrodynamique des charges en mouvement, rayonnement électromagnétique.

Optique physique : Optique de Fourier et intégrale de Fresnel. Réseaux de diffraction.

Introduction à la photonique : Cristaux photoniques, métamatériaux. Optique de transformation. Plasmonique.