

Cours BEJUNE

Camp d'hiver de physique mathématique

Undergraduate Winter School Mathematics applied to Physics



Lu 13 – Ve 17 février 2023

Mont-de-Buttes (NE)

cours-bejune.ch/hiver

info@cours-bejune.ch

Avec l'aimable soutien de :



SwissMAP

The Mathematics of Physics
National Centre of Competence in Research

Le concept

Nous proposons un camp de 5 jours offrant deux cours distincts en parallèle, enseignés en français.

Le cours de *thermodynamique* est destiné principalement aux étudiant-e-s en première année de bachelor intéressé-e-s à découvrir ce domaine à travers le prisme des mathématiques.

Le cours de *relativité générale* est destiné principalement aux étudiant-e-s à partir de la deuxième année de bachelor intéressé-e-s à mettre en pratique et compléter leur bagage mathématiques afin de découvrir cette théorie.

Ces deux cours mêleront étroitement mathématiques et physique, avec également un ancrage historique. Par ailleurs, différentes activités ponctueront cette semaine (cuisine, mini-conférences, activités récréatives).

Pour participer, il est nécessaire de s'inscrire ici :

cours-bejune.ch/hiver – délai : 31.12.2022

CHF 175.– tout compris

Ce camp est organisé par :

Olivier SIMON, enseignant MAT/PHY au Gymnase de Biemme et du Jura bernois

Vito PELLIZZANI, doctorant en PHY théorique à l'Université de Berne

Timothé SCHLÜSSEL, étudiant en master PHY à l'EPFZ

Jules ROSSIER, étudiant en master MAT à l'UNIFR

Cédric WILLEMIN, étudiant en bachelor PHY à l'EPFL

Lieu : Colonie Bellevue (Mont de Buttes, NE)

RDV le lundi à 8h30 à la gare de Buttes pour les participants venant en train ou directement au chalet à 8h30 pour les personnes venant en voiture (Coordonnées GPS : 46°52'53"N 6°30'53"E). Le camp se termine vers 16h00 le vendredi.

$$S = k_B \ln(\Omega)$$

Thermodynamique

Contenu

- Dérivées partielles
- Premier principe
- Deuxième principe
- Cycles thermiques
- Intro à la physique statistique
- Applications et exercices

Prérequis

Premier semestre EPFL ou équivalent :

- Dérivée et intégration dans \mathbb{R}
- Mécanique du point matériel

Un système physique comme un gaz ou un liquide est constitué d'un très grand nombre de particules. Décrire les propriétés exactes de chacune de ces particules demanderait un effort démesuré. Toutefois, la thermodynamique propose un cadre rigoureux permettant d'étudier efficacement de tels systèmes à l'échelle macroscopique, sans avoir recours aux détails microscopiques.

Nous commencerons par introduire la notion mathématique de dérivées partielles. Dans un deuxième temps, nous transposerons le concept de conservation de l'énergie à un système de particules, comme un gaz ou un liquide (premier principe), puis nous aborderons la notion d'entropie qui débouchera sur le deuxième principe.

Ces notions seront ensuite appliquées à l'étude des cycles thermiques décrivant des moteurs thermiques, pompes à chaleur ou machine frigorifiques (processus adiabatiques, isochores, isobares, isothermes, cycle de Carnot, machine de Stirling, etc.).

Finalement, nous introduirons des éléments de statistique que nous pourrons mettre à profit pour décrire un système thermodynamique en exploitant la puissance des mathématiques.

Lors de ce périple, nous aborderons également brièvement le contexte historique qui a façonné le développement de la thermodynamique.

Ce module s'adresse aux étudiant·e-s motivé·e-s à profiter de leurs derniers jours de vacances pour se préparer aux cours de thermodynamique du deuxième semestre de bachelor EPFL ou équivalent. Il est également ouvert à toute personne motivée !

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

Relativité générale

Contenu indicatif

- Intro à la géométrie riemannienne
- Variétés différentiables
- Tenseurs, vecteurs, scalaires
- Transformations de Lorentz
- Dérivée covariante et symboles de Christoffel
- Principe d'équivalence
- Principe de moindre action
- Métrique et espace de Minkowski
- Équation d'Einstein
- Comment tester la RG ?
- Trous noirs
- Singularités de Hawking-Penrose
- Éléments de cosmologie
- Applications et exercices

Prérequis

- Analyse vectorielle (dérivées partielles, intégrales curvilignes)
- Algèbre linéaire (vecteurs propres, changements de base)
- Équations différentielles
- Mécanique du point matériel
- Thermodynamique (connaissances générales)
- Électromagnétisme (connaissances générales)

Au début du XX^e siècle, les physiciens faisaient face à deux problèmes majeurs. Alors que le premier fut résolu par la physique quantique, le second concernait l'incapacité du principe de relativité de Galilée à décrire la propagation de la lumière. Sa résolution déboucha sur la relativité restreinte, puis la relativité générale. Cette dernière théorie est à ce jour la meilleure description connue des phénomènes gravitationnels.

La relativité générale est une des grandes révolutions de la physique de part la puissance de ses prédictions. Mais il s'agit également d'un nouveau paradigme. En effet, la relativité générale ne peut être décrite qu'avec des notions avancées de mathématiques, notamment la géométrie riemannienne. Les avancées majeures de ces deux disciplines lors du XX^e siècle sont intimement liées et ce sujet consiste donc en un excellent exemple d'étude interdisciplinaire d'une théorie au travers du prisme de la physique et des mathématiques.

Nous commencerons par aborder différentes notions mathématiques (éléments de géométrie riemannienne, variétés différentiables, tenseurs, vecteurs, scalaires, dérivée covariante, etc.). En parallèle, nous aborderons la nécessité de développer une nouvelle théorie physique de l'espace, du temps et de la gravité au-delà de la mécanique classique, à travers différentes expériences de pensées.

Ces deux approches se rejoindront en débouchant sur la formalisation de la relativité générale. Finalement, nous étudierons différentes applications (observations permettant de tester la validité de la relativité générale, trous noirs, cosmologie, etc.)

Ce cours s'adresse à toute personne ayant les prérequis nécessaires ou motivée à approfondir ses connaissances sur ce sujet passionnant qu'est la RG !