



**Ciências
ULisboa** Faculdade
de Ciências
da Universidade
de Lisboa

CURSO DE
ASTRONOMIA E ASTROFÍSICA
NO
OBSERVATÓRIO ASTRONÓMICO DE LISBOA

PARADOXOS DA TEORIA DA RELATIVIDADE

MÓDULO: CA-TR

Paulo Crawford



Abril de 2017

Conteúdo

Objectivos e Estrutura do Curso	2
Programa do Curso	3
1: Relatividade Restrita	3
1.a- Cinemática Relativista:	3
1.b- Dinâmica e colisões de partícula:	3
2: O Espaço-tempo curvo: do GPS aos Buracos Negros	3
2.a- O Princípio da Equivalência:	3
2.b- O Funcionamento do GPS.	3
3: As Máquinas do Tempo e as Viagens Interestelares	4
3.a- Viagens no Espaço-tempo	4
3.b- A Física do Interstellar	4
4: O <i>Big Bang</i> e a Expansão do Universo	4
4.a- Os Primeiros Minutos	4
4.b- A Dinâmica e Evolução.	4

Este curso destina-se a qualquer pessoa interessada em Astronomia e adapta-se muito bem a quem frequentou um curso introdutório nestes temas, por exemplo no OAL. Familiarização com noções de física básica poderá ser uma vantagem e, por isso, o curso é muito recomendado a docentes do EBS. É perfeito para pessoas ávidas de conhecimento!

Se tem vontade de conhecer o pensamento de Einstein, os paradoxos do tempo, a Teoria da Relatividade e suas aplicações à Cosmologia Moderna... apareça!

Objectivos e Estrutura do Curso

Discutiremos a relatividade da simultaneidade de acontecimentos distantes, e partir daí serão introduzidos os conceitos de espaço e tempo relativos, o paradoxo dos gémeos, e discutiremos a possibilidade de existirem velocidades superiores à da luz. Faremos depois uma breve referência aos observadores acelerados e à dinâmica de partículas em relatividade restrita.

Explicaremos depois o papel da teoria da relatividade no funcionamento do GPS, aproveitando para fazer uma breve introdução à teoria da Relatividade Geral, a teoria da Gravitação de Einstein, e à física dos buracos negros. Falaremos então de viagens no tempo, buracos de minhoca ou de verme ("wormholes"). Depois dessa introdução aos espaços-tempo curvos da Relatividade Geral, discutiremos a possibilidade de construir "máquinas do tempo" numa primeira introdução à Física do filme "Interstellar".

No final falaremos da Expansão do Universo, no quadro dos Modelos Cosmológicos de Big Bang, e daremos uma breve explicação para a existência de velocidades superiores à da luz no contexto da recessão dos grupos de galáxias.

Serão fornecidos materiais de estudo.

Aulas: O curso é constituído por 4 aulas de 2h30m cada, que decorrem aos sábados das 10:00 às 12:30 no *Edifício Leste* do OAL, de 25–Mar a 22–Abril de 2017. Não haverá alteração do horário e dias das aulas. Contudo, se por razão de força maior for combinada uma substituição, esta será também informada por email aos participantes.

Propina: o valor total é de 80€ pagos no acto de inscrição.

Inscrições: são *exclusivamente* efectuadas na página web

<http://oal.ul.pt/educacao-e-divulgacao/cursos-de-astronomia-e-astrofisica/>

Contactos: Suzana Ferreira, cursos@oal.ul.pt (secretariado).

Edifício Leste, (<http://oal.ul.pt/inicio/localizacao-e-como-chegar/>)

Observatório Astronómico de Lisboa

Tapada da Ajuda

1349-018 Lisboa

Tel.: (+351) 21 361 67 34

Fax: (+351) 21 361 67 52

Programa do Curso

Aula n^o 1

RELATIVIDADE RESTRITA

- Cinemática Relativista:
 - Os postulados de Einstein (Princípio da Relatividade e Invariância da velocidade da luz no vácuo).
 - Carácter relativo do conceito de simultaneidade para acontecimentos distantes.
 - Transformações de Lorentz entre observadores inerciais.
 - Composição de velocidades.
 - Consequências cinemáticas. Exemplos de dilatação do tempo e contracção do espaço.
- Dinâmica e colisões de partícula:
 - Vida média das partículas instáveis. Aceleradores de partículas.
 - Observadores acelerados em Relatividade Restrita.
 - Caso particular de aceleração própria constante e a existência de horizontes, tipo buraco negro.

Aula n^o 2

O ESPAÇO-TEMPO CURVO: DO GPS AOS BURACOS NEGROS

- A Física do Espaço-tempo curvo.
- O Princípio da Equivalência:
 - Referenciais inerciais locais (RIL).
 - Força Gravítica e curvatura do espaço-tempo.
 - Campo gravitacional estático com simetria esférica.
 - Deslocamento para o vermelho e encurvamento dos raios luminosos.
- O Funcionamento do GPS.
 - O avanço dos relógios dos satélites.
- O tempo nas proximidades de um buraco negro.
- A queda num buraco negro.

Aula n^o 3

AS MÁQUINAS DO TEMPO E AS VIAGENS INTERESTELARES

- Viagens no Espaço-tempo
 - Velocidades superiores à da luz no vácuo. Taquiões
 - Como visitar o futuro. Ciência ou ficção.
 - Como visitar o passado. Buracos de minhoca.
- A Física do Interstellar
 - Buracos de minhoca transitáveis.
 - *Interstellar*: a viagem a um grupo de galáxias distante e os paradoxos das viagens no tempo.

Aula n^o 4

O Big Bang E A EXPANSÃO DO UNIVERSO

- Os Primeiros Minutos
 - A época inflacionária.
 - A nucleosíntese cósmica.
- A Dinâmica e Evolução.
 - Dimensão e Idade do Universo.
 - A energia escura e a expansão acelerada do Universo

Paulo Crawford
Investigador da FCUL