

**Curso:** Relatividade Geral (FIS-404, pós-graduação)

**Professor:** Nail Khusnutdinov - CMCC/UFABC

**Quadrimestre:** Q1.2024

**Turma:** TFIS40420241

### **Aulas**

- segunda das 14:00 às 16:00, sala SA/Bloco A: S-307-3, semanal
- quarta das 14:00 às 16:00, sala SA/Bloco A: S-307-3, semanal

### **Orientações para estudantes**

Alunos podem conversar comigo em segunda das 17:00 às 18:00 (semanal) em meu escritório D268 SBC. Podemos marcar por email atendimento com antecedência. **Para comunicar comigo alunos apenas devem usar email de UFABC.**

Os meus emails são [nail.khusnutdinov@gmail.com](mailto:nail.khusnutdinov@gmail.com), [nail.khusnutdinov@ufabc.edu.br](mailto:nail.khusnutdinov@ufabc.edu.br).

### **Ementa**

Formulação covariante da relatividade restrita. Cálculo tensorial e geometria Riemanniana. Formulação covariante do eletromagnetismo. Fluidos. Variedades diferenciáveis. Derivada covariante. Transporte paralelo e geodésicas. Curvatura e tensores. Princípio de equivalência. Equações de Einstein: as equações de campo da gravitação. Solução de Schwarzschild. Testes experimentais da relatividade geral. Campos gravitacionais fracos. Ondas gravitacionais e radiação gravitacional. Buracos negros e termodinâmica. Buracos negros girantes e carregados. Modelos de Friedmann–Robertson–Walker. Radiação de Hawking.

### **Bibliografia Básica** (Qualquer edição)

1. L. D. Landau & E. M. Lifshitz, *Teoria do Campo*,
2. R. D'Inverno, J. Vickers, *Introducing Einstein's Relativity: A Deeper Understanding*
3. B.F Schutz, *A First Course in General Relativity*
4. S. Carroll, *Spacetime and geometry: an introduction to general relativity*

### **Bibliografia Complementar** (Qualquer edição)

1. C. Misner, K. Thorne, and J. A. Wheeler, *Gravitation*
2. M. P. Hobson, G. P. Efstathiou, A. N. Lasenby, *General Relativity: An Introduction for Physicists*
3. E. F. Taylor, J. A. Wheeler, *Exploring Black Holes: Introduction to General Relativity*

### Listas

Os alunos receberão uma Lista de exercícios em aulas.

### Provas

Durante do curso darei Lista de exercícios e 4 questões para a Prova (30 de abril de 2024) serão selecionadas entre essas problemas da Lista.

Todas as Provas devem ser escritos com uma caneta.

Prova tem nota máxima 10.

### Conceitos

**A:**  $8.0 \leq M \leq 10$

**B:**  $6.0 \leq M < 8.0$

**C:**  $5.0 \leq M < 6.0$

**D:**  $4.5 \leq M < 5.0$

**F:**  $0.0 \leq M < 4.5$

Prova recuperação será 07 de maio 2024. Prova tem nota máxima 10.

### Leis

- de frequência **Ministério da Educação**
- prova substitutiva **Resolução nº 181**
- prova recuperação **Resolução nº 182**

### Cronograma

S <sup>a</sup>	A <sup>a</sup>	Data	Conteúdo
1	1	05/02	O princípio de relatividade de Galileu. Postulados da relatividade restrita, introduzir o conceito de intervalo.
	2	07/02	O espaço-tempo de Minkowski, quadrivetores, tensores e transformações de Lorentz na notação covariante.
2	3	12/02	Feriado. Reposição para 30/04.
	4	14/02	Feriado. Reposição para 03/05.
3	5	19/02	A formulação covariante da mecânica relativística e do eletromagnetismo de Maxwell.
	6	21/02	As variedades riemannianas, tensores contravariantes e covariantes. As operações elementares envolvendo tensores.
4	7	26/02	As operações elementares envolvendo tensores.
	8	28/02	Problemas envolvendo transformações gerais de coordenadas.
5	9	04/03	Derivada de Lie e derivada covariante e conexão afim.
	10	06/03	A geodésica, as equações da geodésica
6	11	11/03	Tensor de Riemann, de Ricci, de Einstein e de Weyl.
	12	13/03	Resolver problemas (exemplos) envolvendo a geometria riemanniana
7	13	18/03	O princípio de equivalência. Os princípios da covariância.
	14	20/03	Os princípios da covariância geral, do acoplamento mínimo, e da correspondência.
8	15	25/03	A equação do desvio geodésico newtoniano riemanniano. A aplicação do princípio da correspondência
	16	27/03	As equações de campo da relatividade geral.
9	17	01/04	Os espaços-tempos estacionários, estáticos e com simetria esférica. A solução de Schwarzschild. Solução as equações da geodésica na geometria de Schwarzschild. As propriedades mais importantes desta solução.
	18	03/04	Os testes clássicos da relatividade geral. Elaborar uma tarefa sobre cada um desses testes.
10	19	08/04	Feriado. Reposição para 07/05
	20	10/04	O tensor de energia-momento de um fluido incoerente e de um fluido perfeito. O tensor de energia-momento para o campo eletromagnético.
11	21	15/04	Singularidades de coordenadas e de curvatura, determinar as forças de maré num buraco negro. Definir horizontes de eventos e construir diagramas causais.
	22	17/04	As horizontes de eventos e diagramas causais.
12	23	22/04	O princípio cosmológico e a cosmologia relativística. As equações de Friedmann e suas soluções para os casos simples. Lei de Hubble e o Universo em expansão.
	24	24/04	Modelos de Universo. Efeitos quânticos e gravitação – radiação Hawking.
13	25	30/04	Prova
	26	03/05	Vista da Prova. Prova Substitutiva
14	27	07/05	Prova Recuperação