

# Eletrromagnetismo Avançado

*18 de agosto*



# Programa

## 1. Leis de conservação

Carga, energia e momento

## 2. Ondas eletromagnéticas

Propagação, absorção e guias de onda

## 3. Elementos de relatividade

## 4. Potenciais e campos

Distribuição de cargas e cargas pontuais

## 5. Radiação

Cargas e dipolos

### Livro texto

*Eletrodinâmica*. David J. Griffiths; 3a. edição (Pearson).

### Critério de aprovação

1. Semestre dividido em quatro ciclos
2. 4 Provas (peso 8.0);
3. 4 Testes sobre listas de exercícios (peso 2);
4. Resumos (Bônus de até 1 ponto. Cada resumo não entregue subtrai -0.1 da nota final).

### Elementos do critério de aprovação:

*Provas.* Haverá quatro provas, sempre às segundas-feiras. Uma semana antes, será distribuída uma lista de dez exercícios (suplementar) para praticar.

*Listas e testes.* O semestre letivo foi dividido em 4 ciclos. O calendário abaixo mostra a divisão. Em cada ciclo, na data indicada, uma lista de dez exercícios será publicada. Duas aulas mais tarde será realizado um teste, com base em sorteio entre as questões da lista. No dia do teste, será publicada no mural uma lista suplementar, com dez exercícios para praticar para a prova, na semana seguinte.

*Resumos* A classe será dividida em grupos de quatro estudantes. Em cada data indicada no calendário, cada grupo deve depositar no Moodle, até o início da aula daquele dia, um arquivo com resumo da matéria desde a data da entrega do resumo anterior.

*Notas alternativas* Cada grupo pode escolher um tópico, ligado direta ou indiretamente à matéria coberta em um dos ciclos, para produzir um vídeo, com duração máxima de oito minutos. O vídeo, que pode ser entregue até quarta-feira, 13 de dezembro, substituirá todas as notas do grupo num dos ciclos, incluindo o bônus do resumo. O grupo pode escolher o ciclo, desde que tenha entregado o resumo e todos os membros tenham feito a prova e o teste do ciclo pertinente.

### Tópicos

1. Leis de Conservação
  - Carga
  - Energia
  - Momento
2. Ondas eletromagnéticas
  - Vácuo e matéria
  - Absorção e dispersão
  - Guias de ondas
3. Elementos de relatividade
  - Geometria do espaço-tempo
  - Mecânica no espaço-tempo
4. Potenciais e campos
  - Potenciais
  - Distribuição de cargas
  - Cargas pontuais
  - Potenciais e campos no espaço-tempo
5. Radiação
  - Radiação de dipolos
  - Cargas pontuais

# Calendário

## Calendário

Data	Dia/semana	Dia/ciclo	Atividade
07/08	Segunda	1	Aula
11/08	Sexta	2	Aula
18/08	Sexta	3	Lista 1
21/08	Segunda	4	Aula
25/08	Sexta	5	Aula
28/08	Segunda	6	L1
01/09	Sexta	7	R1
11/09	Segunda	8	P1

Tabela 1: Primeiro ciclo

Data	Dia/semana	Dia/ciclo	Atividade
15/09	Sexta	1	Aula
18/09	Segunda	2	Aula
22/09	Sexta	3	Lista 2
25/09	Segunda	4	Aula
29/09	Sexta	5	Aula
02/10	Segunda	6	L2
06/10	Sexta	7	R2
09/10	Segunda	8	P2

Tabela 2: Segundo ciclo

Data	Dia/semana	Dia/ciclo	Atividade
16/10	Segunda	1	Aula
20/10	Sexta	2	Aula
23/10	Segunda	3	Lista 3
27/10	Sexta	4	Aula
30/10	Segunda	5	Aula
06/11	Segunda	6	L3
10/11	Sexta	7	R3
13/11	Segunda	8	P3

Tabela 3: Terceiro ciclo

# Leis de conservação

# Equações de Maxwell

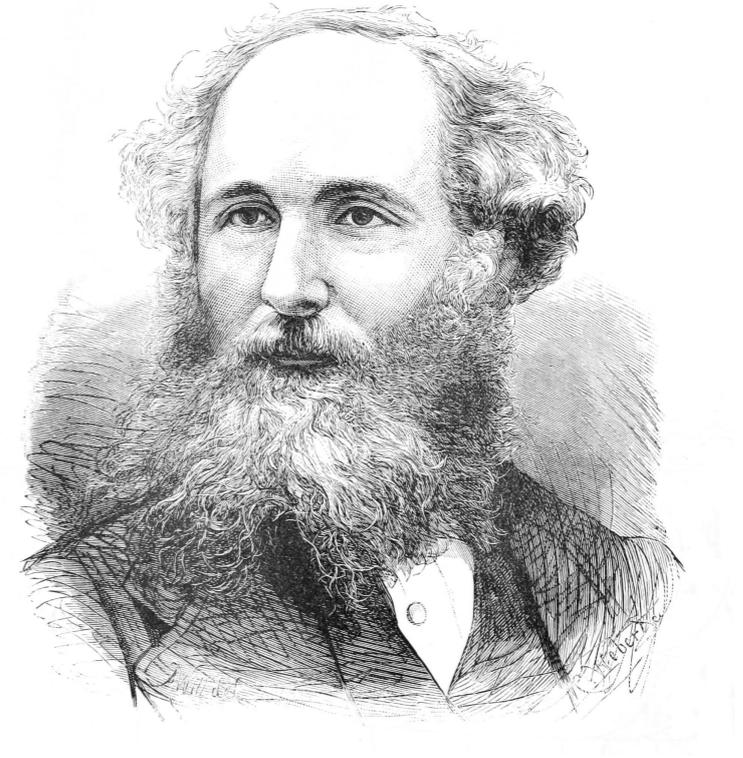
Vácuo

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \left( \vec{J} + \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right)$$



# Equações de Maxwell

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \left( \vec{J} + \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right)$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

# Equações de Maxwell

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

# Equações de Maxwell

$$\vec{\nabla} \times \vec{\mathbf{E}} = -\frac{\partial \vec{\mathbf{B}}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{\mathbf{B}} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{\mathbf{E}}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} \times (\vec{\nabla} \times \vec{\mathbf{E}}) = -\frac{\partial \vec{\nabla} \times \vec{\mathbf{B}}}{\partial t}$$

# Equações de Maxwell

$$\vec{\nabla} \times \vec{\mathbf{E}} = -\frac{\partial \vec{\mathbf{B}}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{\mathbf{B}} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{\mathbf{E}}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} \times (\vec{\nabla} \times \vec{\mathbf{E}}) = -\frac{\partial \vec{\nabla} \times \vec{\mathbf{B}}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} (\vec{\nabla} \cdot \vec{\mathbf{E}}) - \nabla^2 \vec{\mathbf{E}} = -\mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \frac{\partial \vec{\mathbf{E}}}{\partial t}}{\partial t}$$

# Ondas eletromagnéticas

$$\vec{\nabla} \times \vec{\mathbf{E}} = -\frac{\partial \vec{\mathbf{B}}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{\mathbf{B}} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{\mathbf{E}}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} \times (\vec{\nabla} \times \vec{\mathbf{E}}) = -\frac{\partial \vec{\nabla} \times \vec{\mathbf{B}}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} (\vec{\nabla} \cdot \vec{\mathbf{E}}) - \nabla^2 \vec{\mathbf{E}} = -\mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} \frac{\partial \vec{\mathbf{E}}}{\partial t}$$

$$\nabla^2 \vec{\mathbf{E}} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{\mathbf{E}}}{\partial t^2}$$

$$\nabla^2 \vec{\mathbf{E}} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{\mathbf{E}}}{\partial t^2}$$

$$\nabla^2 \vec{\mathbf{B}} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{\mathbf{B}}}{\partial t^2}$$

# Campo elétrico e potenciais

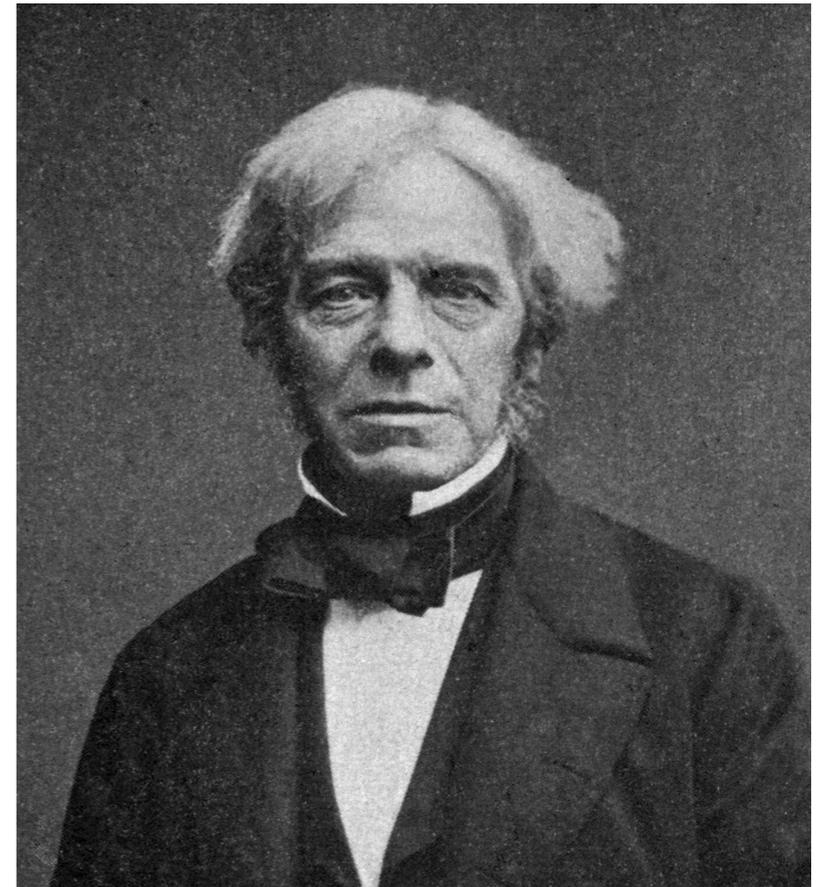
$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = 0 \quad \Rightarrow \quad \vec{E} = -\vec{\nabla}V$$



# Campo elétrico e potenciais

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = 0 \quad \Rightarrow \quad \vec{E} = -\vec{\nabla}V$$

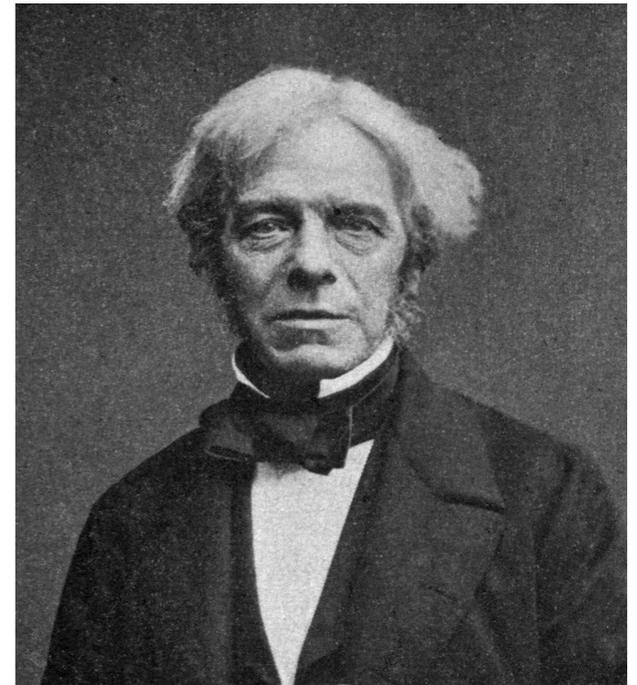
$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad \Rightarrow \quad \vec{E} \neq -\vec{\nabla}V$$



# Campo elétrico e potenciais

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \quad \Rightarrow \quad \vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{A}$$

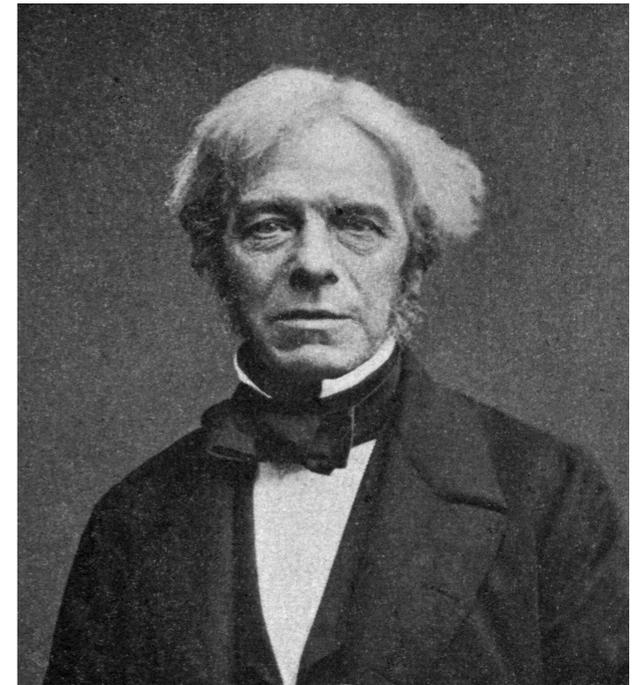


# Campo elétrico e potenciais

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \quad \Rightarrow \quad \vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{A}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{\nabla} \times \vec{A}}{\partial t}$$



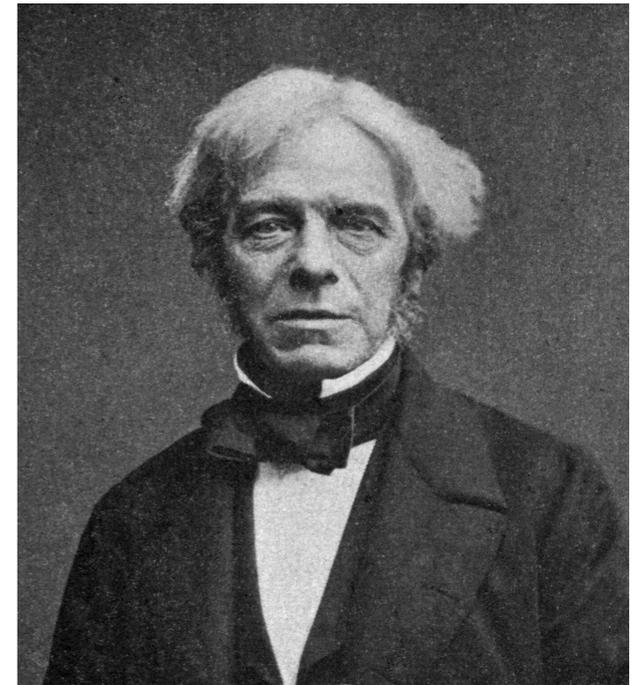
# Campo elétrico e potenciais

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \quad \Rightarrow \quad \vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{A}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{\nabla} \times \vec{A}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} \times \left( \vec{E} + \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} \right) = 0$$



# Campo elétrico e potenciais

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \Rightarrow \vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{A}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{\nabla} \times \vec{A}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} \times \left( \vec{E} + \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} \right) = 0$$

$$\vec{E} = -\vec{\nabla} V - \frac{\partial \vec{A}}{\partial t}$$

