

# Física 4

## *Ótica e Física moderna*

---

# Informações Gerais

## ❖ Site

<http://kelifisica.com.br/>

### **Informações sobre:**

- **plano de ensino;**
- **Datas de provas, entrega de trabalho, apresentação de trabalhos, etc;**
- **Slides de aulas;**
- **Sugestão de vídeos;**
- **Lista de exercícios;**
- **Etc ...**

---

# Informações Gerais

❖ **Email:**

[keliseidel@utfpr.edu.br](mailto:keliseidel@utfpr.edu.br)

**Obs.: não tiro dúvidas por email sobre exercícios, assuntos da disciplina, etc. Para isto vocês podem conversar comigo em horário de PA.**

**Horários de PAs (2019/02)**

**quinta - 14h40 às 15h30**

**sexta - 10h00 até 11h40**

**Agende seu horário por email, por favor!**

É possível também agendar outro horário, "se necessário", por email!

---

# Informações Gerais

## ❖ Bibliografia:

### ❖ Principal:

❖ Halliday;

### ❖ Auxiliar:

❖ Tipler;

❖ Sears;

❖ Serway;

---

# Informações Gerais

## ❖ **Datas das avaliações escritas:**

- **19/09/19 PRIMEIRA AVALIAÇÃO (P1);**
- **07/11/19 SEGUNDA AVALIAÇÃO (P2);**
- **06/12/19 TERCEIRA AVALIAÇÃO (P3);**

**\* 12/12/19 Avaliação Substitutiva / reavaliação (Psub);**

**\*\* 13/07/19 Segunda-chamada;**

---

# Informações Gerais

## Avaliação substitutiva / reavaliação;

- ✓ Obs.: a avaliação substitutiva é referente à todo o conteúdo do semestre (P1, P2 e P3);
- ✓ A avaliação substitutiva “substitui” a menor dentre as notas da P1, P2 ou P3,  
ou ainda,  
a substitutiva pode ser inserida com a seguinte proporção:  
 $\text{média final} = (\text{média semestre} * 0,4) + (\text{substitutiva} * 0,6) > 6,0;$
- ✓ A avaliação substitutiva NÃO substitui a nota de uma avaliação não realizada;
- ✓ A avaliação substitutiva não tem segunda-chamada.

$$\text{Média semestre} = (P1+P2+P3)/3$$

---

# Informações Gerais

Atividades extras poderão ser propostas durante o semestre → bônus para a média final!

---

# Assuntos de Física 4

- ❖ Ondas Eletromagnéticas;
- ❖ Ótica
  - ❖ Ótica Geométrica;
  - ❖ Ótica Física/Ondulatória;
    - ❖ Difração;
    - ❖ Interferência;
    - ❖ Polarização;



---

# Assuntos de Física 4

- \* **Relatividade especial/restrita;**
- \* **Física moderna (Física quântica antiga);**
  - ❖ **Fótons e ondas de matéria;**
  - ❖ **Átomos;**
  - ❖ **Condução e eletricidade em sólidos;**
  - ❖ **Física nuclear;**
  - ❖ **Energia nuclear;**

---

# Relembrando ...

## Física 3 → EQUAÇÕES DE MAXWELL

- ❖ **As equações de Maxwell foram desenvolvidas por Maxwell?**

# Equações de Maxwell

Física 4

Ref. Halliday – Volume 3 e 4

---

---

---

# Um pouco de história....

Por muitos anos as teorias sobre eletricidade e magnetismo andaram separadas;

\* Teoria de campos elétricos:

Lei de Coulomb

e

Lei de Gauss



$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r}$$



$$\epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = q_{env}$$

---

# Um pouco de história....

Por muitos anos as teorias sobre eletricidade e magnetismo andaram separadas;

\* Teoria de campo magnético

Lei de Biot-Savart

e

Lei de Ampère



Jean-Baptiste Biot    Felix Savart

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{id\vec{s} \times \hat{r}}{r^2}$$



$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 i$$

---

# Um pouco de história....

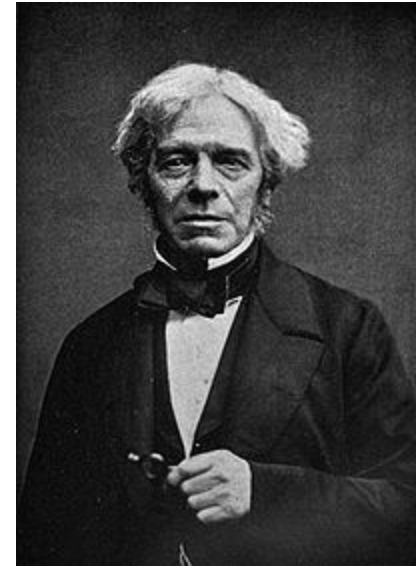
## Lei de Faraday

⇒ campo magnético variável induz um campo elétrico!!!

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

A partir da Lei de Faraday os conceitos sobre campos elétrico e magnético começaram a caminhar juntos

⇒ CAMPO ELETROMAGNÉTICO / ONDAS ELETROMAGNÉTICAS



Faraday - descobertas na Física e Química

Análise de simetria da natureza ...

... Estudos da época mostravam que o campo magnético poderia ser gerado por Corrente ou Campo elétrico variável (contribuição de Maxwell);

---

# Um pouco de história....

**Situação:** análise de campo elétrico e magnético no espaço onde não estão presentes cargas ou correntes!

Escolhendo uma superfície fechada qualquer nesta região, pode-se aplicar a **Lei de Gauss** (da eletricidade e do magnetismo) e obtemos:

$$\left. \begin{aligned} \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} &= 0 \\ \oint \vec{B} \cdot d\vec{A} &= 0 \end{aligned} \right\}$$

Perceba a simetria das equações!!!

---

# Um pouco de história....

**Situação:** análise de campo elétrico e magnético no espaço onde não estão presentes cargas ou correntes;

Escolhendo um caminho fechado qualquer nesta região, e aplicando a **Lei de Faraday e Lei de Ampère** a esta situação, temos:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = 0$$

Perceba que neste caso não há simetria das equações!!!



---

# Um pouco de história....

James Clerk Maxwell

Seria possível um campo elétrico variável no tempo estabelecer um campo magnético???



---

# Um pouco de história....

J. C. Maxwell percebeu que:

Estas Leis são válidas para todos os casos, exceto a Lei de Ampère, que não se aplica à correntes descontínuas (ex.: um capacitor carregando ou descarregando)

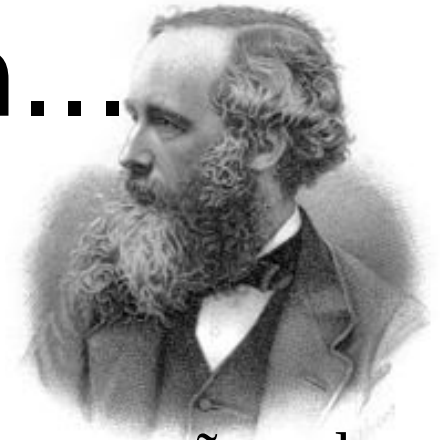
Maxwell propôs uma correção → Corrente de Deslocamento

Objetivo de Maxwell ⇒ Escrever o menor número possível de equações/leis capazes de descrever **todos os comportamentos possíveis do eletromagnetismo;**



---

# Um pouco de história...



Importante lembrar que ...

“Não existe uma única equação que derive as equações de Maxwell. Estas foram formuladas separadamente”

As Equações de Maxwell relacionam os vetores campo elétrico e campo magnético a suas fontes que podem ser cargas elétricas, correntes (variáveis) ou campos variáveis;

“Não é exagero dizer que toda a moderna área das comunicações vem diretamente da descoberta de Maxwell!!!”

---

# As Equações de Maxwell

→ na forma integral

$$\epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = q$$

Lei de Gauss da Eletricidade  
Relaciona o campo elétrico à carga que produz

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

Lei de Gauss do Magnetismo  
Relaciona o fluxo de campo magnético às cargas magnéticas (dipolo magnético) envolvidas. Linhas de campo são fechadas – inexistência de monopolos magnéticos

---

# As Equações de Maxwell

→ na forma integral

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

Lei de Faraday

Campo magnético variável produz campo elétrico induzido

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \Phi_E}{\partial t}$$

Lei de Ampère-Maxwell

Relaciona o campo magnético à duas fontes: correntes elétricas e campos elétricos variáveis;

---

# As Equações de Maxwell

→ na forma diferencial

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = -\frac{\rho_c}{\epsilon_0} \quad \text{Lei de Gauss da Eletricidade}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \quad \text{Lei de Gauss do Magnetismo}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad \text{Lei de Faraday}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad \text{Lei de Ampère-Maxwell}$$

---

# As Equações de Maxwell

## Conclusões

- Por fim, estas quatro equações são capazes de descrever qualquer fenômeno da Teoria Eletromagnética;  
(obs.: não necessariamente estas podem ser as equações mais simples para descrever tais fenômenos. Dependendo do caráter a ser descrito, outras teorias/modelos podem ser utilizadas como veremos mais a frente (difração, interferência, polarização, etc));
- Não é possível separar campos elétricos e magnéticos de uma onda eletromagnética;

---

---

## Bibliografia

- HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de física. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, c2009 vol 3 e 4;
- SEARS, Francis Weston; ZEMANSKY, Mark Waldo; YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. 12. ed. São Paulo, SP: Pearson Addison Wesley, c2008-2009 vol 4;
- YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A., FÍSICA IV - ÓTICA E FÍSICA MODERNA, 12a ed. São Paulo, Addison Wesley, 2008;