

**Universidade de São Paulo
Instituto de Física**

Física para Engenharia III — 4323203

<http://fig.if.usp.br/fisica3>

Manual da Disciplina

**Fundamentos de Eletricidade e Magnetismo
para o Ciclo Básico da
Escola Politécnica**

1^o Semestre 2025

1 Site do curso

<http://fig.if.usp.br/fisica3>

2 Equipe da disciplina

- Helena Maria Petrilli (hmpetril@gmail.com) — Doutor do Depto. de Física dos Materiais e Mecânica
- Gustavo Paganini Canal (canal@if.usp.br) — Professor Associado do Depto. de Física Aplicada
- Marco Aurélio Brizzotti Andrade (maurelio@if.usp.br) — Professor do Depto. de Física Aplicada
- Marcos Vinicius Borges Teixeira Lima (mlima@if.usp.br) — Professor do Depto. de Física Matemática
- José Robert Brandão de Oliveira (zero@if.usp.br) — Professor do Depto. de Física Nuclear
- Ricardo Lima (ricardo2.lima@usp.br) — Professor do Depto. de Física Geral
- Carlos Eduardo Fiore (fiorecarlos.cf@gmail.com) — Professor do Depto. de Física Geral
- Edivaldo Moura Santos (emoura@if.usp.br) — Doutor do Depto. de Física Experimental
- Fernando Assis Garcia (ifuspfgarcia@usp.br) — Professor Associado do Depto. de Física Aplicada

3 Introdução

Nos cursos de Física básica (Física I, II, III e IV) diversos conceitos físicos e aplicações são estudados de maneira introdutória, levando em conta, porém, a maturidade e motivação que se espera de um estudante universitário. No presente curso, assim como em uma boa parte do curso de Física IV, estudaremos os fenômenos *Eletromagnéticos*. Há uma enorme gama de fenômenos e aplicações que não podem ser entendidos sem levar em conta processos físicos envolvendo as *interações elétricas e magnéticas*. Até aqui a única interação tratada de maneira fundamental ¹ foi a interação gravitacional, a qual permite entender, por exemplo, o funcionamento do sistema solar ou o movimento de satélites artificiais, com um grande grau de precisão, em termos da lei de atração gravitacional de Newton.

Ao estudarmos as forças elétricas e magnéticas nosso conhecimento sobre a natureza amplia-se enormemente, permitindo o entendimento de muitos outros processos físicos envolvendo movimento e troca de energia. Na verdade, o eletromagnetismo nos revela muito mais do que simplesmente a ação mútua (força) entre dois objetos carregados. Como veremos, os fenômenos eletromagnéticos levam naturalmente ao conceito de *campo*, o qual possui uma *dinâmica própria*. Este fato possui conseqüências de enorme importância tanto do ponto de vista de aplicações tecnológicas quanto para diversos outros desenvolvimentos da física desde o último século até o presente, tendo inspirado até mesmo os desenvolvimentos que levaram à um entendimento correto gravitação como formulada pela Relatividade Geral de Einstein ².

A programação do curso, descrita na próxima seção, bem como a bibliografia e o livro texto principal, procuram enfatizar a intuição física e a habilidade para resolver certos problemas, de maneira compatível para um curso introdutório. A abordagem utilizada não visa um perfil específico de estudantes de engenharia ou estudantes mais inclinados à pesquisa em ciência básica. Na verdade, não devemos supor que, por exemplo, estudantes de física e de engenharia devam se restringir ao aprofundamento e às aplicações, respectivamente. De fato, em um mundo cada vez mais fecundo de novas tecnologias a demanda por engenheiros capazes de aplicar conceitos básicos em situações práticas torna-se cada vez maior. Esse tipo de perfil *versátil* é sem dúvida um importante componente de competitividade profissional. Por outro lado, a ciência básica também se beneficia, uma vez que a grande sofisticação dos instrumentos empregados na pesquisa básica, tanto na física microscópica como na astrofísica, depende cada vez mais de uma engenharia de altíssimo nível tecnológico, especialmente no que se refere aos fenômenos eletromagnéticos. Ao longo do curso veremos alguns exemplos disso.

4 Programação de Física para Engenharia III

¹Existem ainda a *interação fraca* e a *interação forte*, que operam na escala microscópica.

²Atualmente a Relatividade Geral possui aplicações tecnológicas tão diversas quanto a envolvida nos aparelhos de GPS (“Global Positioning System”). Naturalmente o eletromagnetismo também é fundamental para o funcionamento destes dispositivos.

Os números dos capítulos, das seções e dos exercícios são os da 12^a edição do Física III de Young e Freedman. Os números entre parênteses se referem aos capítulos e às seções correspondentes da 10^a edição.

Capítulo 21(22): Carga Elétrica e Campo Elétrico

- Número de aulas: 2 aulas
- Seções do livro texto: 21.1 *Carga Elétrica*; 21.2 *Condutores, Isolantes e Cargas Induzidas*; 21.3 *Lei de Coulomb*; 21.4 *Campo Elétrico e Forças Elétricas*; 21.5 *Determinação do Campo Elétrico*; 21.6 *Linhas de Força de um Campo Elétrico*; 21.7 *Dipolos Elétricos* (22.1 a 22.9).
- Exercícios sugeridos: 21.2(22.2), 21.8(22.8), 21.32(22.16), 21.43(22.31), 21.53(22.37), 21.62(22.46), 21.90(22.69), 21.96(22.76), 21.107(22.87).

Capítulo 22(23): Lei de Gauss

- Número de aulas: 2 aulas
- Seções do livro texto: 22.1 *Carga Elétrica e Fluxo Elétrico*; 22.2 *Determinação do Fluxo Elétrico*; 22.3 *Lei de Gauss*; 22.4 *Aplicações da Lei de Gauss*; 22.5 *Cargas em Condutores* (23.1 a 23.6).
- Exercícios sugeridos: 22.1(23.1), 22.4(só na 12^a ed.), 22.8(23.6), 22.16(23.12), 22.35(23.23), 22.45(23.27), 22.48(23.30), 22.56(23.44), 22.57(23.45).

Capítulo 23(24): Potencial Elétrico

- Número de aulas: 2 aulas
- Seções do livro texto: 23.1 *Energia Potencial Elétrica*; 23.2 *Potencial Elétrico*; 23.3 *Determinação do Potencial Elétrico*; 23.4 *Superfícies Equipotenciais*; 23.5 *Gradiente de Potencial* (24.1 a 24.6).
- Exercícios sugeridos: 23.22(24.16), 23.33(24.25), 23.43(24.73), 23.48(24.32), 23.62(24.58), 23.79(24.73), 23.90(24.84).

Capítulo 24(25): Capacitância

- Número de aulas: 2 aulas
- Seções do livro texto: 24.1 *Capacitância e Capacitores*; 24.2 *Capacitores em Série e em Paralelo*; 24.3 *Armazenamento de Energia em Capacitores e Energia do Campo Elétrico*; 24.4 *Dielétricos*; 24.5 *Modelo Molecular da Carga Induzida*; 24.6 *Lei de Gauss em Dielétricos* (25.1 a 25.6).
- Exercícios sugeridos: 24.15(25.9), 24.28(25.20), 24.29(25.21), 24.50(25.36), 24.51(25.37), 24.53(25.39), 24.54(25.40), 24.39(25.27), 24.71(25.55), 24.72(25.56).

P1 em 8 de Abril as 10:35

Os números dos capítulos, das seções e dos exercícios são os da 12^a edição do Física III de Young e Freedman. Os números entre parênteses se referem aos capítulos e as seções correspondentes da 10^a edição.

Capítulo 25(26): Corrente, Resistência e Força Eletromotriz

- Número de aulas: **2 aulas**
- Seções do livro texto: *25.1 Corrente; 25.2 Resistividade; 25.3 Resistência; 25.4 Força Eletromotriz e Circuitos; 25.5 Energia e Potência em Circuitos Elétricos (26.1 a 26.6).*
- Exercícios sugeridos: 25.1(26.1), 25.13(26.9), 25.32(26.20), 25.35(26.21), 25.64(26.48), 25.65(26.49).

Capítulo 27(28): Campo Magnético e Forças Magnéticas

- Número de aulas: **2 aulas**
- Seções do livro texto: *27.1 Magnetismo; 27.2 Campo Magnético; 27.3 Linhas de Campo Magnético e Fluxo Magnético; 27.4 Movimento de Partículas Carregadas em um Campo Magnético; 27.5 Aplicações de Movimento e Partículas Carregadas; 27.6 Força Magnética sobre um Condutor Transportando uma Corrente; 27.7 Força e Torque sobre uma Espira de Corrente; 27.8 O Motor de Corrente Contínua (28.1 a 28.9).*
- Exercícios sugeridos: 27.1(28.1), 27.6(28.6), 27.15(28.13), 27.46(28.32), 27.49(28.35), 27.75(28.57), 27.81(28.63), 27.82(28.64), 27.83(28.65).

Capítulo 28(29) e seção 29.7: Fontes de Campo Magnético

- Número de aulas: **3 aulas**
- Seções do livro texto: *28.1 Campo Magnético de uma Carga em Movimento; 28.2 Campo Magnético de um Elemento de Corrente; 28.3 Campo Magnético de um Condutor Retilíneo Transportando uma Corrente; 28.4 Força entre Condutores Paralelos; 28.5 Campo Magnético de uma Espira Circular; 28.6 Lei de Ampère; 28.7 Aplicações da Lei de Ampère; (29.1 e 29.8).*
- Exercícios sugeridos: 28.1(29.1), 28.19(29.10), 28.29(29.15), 28.30(29.18), 28.36(29.23), 28.38(29.25), 28.45(29.29), 28.63(29.49), 28.64(29.50), 28.66(29.52).

Capítulo 28(29): Fontes de Campo Magnético (Materiais Magnéticos)

- Número de aulas: **1 aula**
- Seção do livro texto: *28.8 Materiais Magnéticos (29.9).*
- Exercícios sugeridos: 28.47(29.31), 28.48(29.32), 28.49(29.33).

P2 em 20 de Maio as 10:35

Os números dos capítulos, das seções e dos exercícios são os da 12^a edição do Física III de Young e Freedman. Os números entre parênteses se referem aos capítulos e às seções correspondentes da 10^a edição.

Capítulo 29(30): Indução Eletromagnética e Corrente de Deslocamento

- Número de aulas: **3 aulas**
- Seções do livro texto: *29.1 Experiências de Indução; 29.2 Lei de Faraday; 29.3 Lei de Lenz; 29.4 Força Eletromotriz Produzida pelo Movimento; 29.5 Campos Elétricos Induzidos; 29.6 Correntes de Foucault, 29.7 Corrente de deslocamento (30.1 a 30.8).*
- Exercícios sugeridos: 29.2(30.2), 29.3(30.3), 29.7(30.36), 29.16(30.13), 29.25(30.18), 29.31(30.24), 29.61(30.39), 29.64(30.42), 29.65(30.43), 29.77(30.50), 29.36(29.37), 29.38(29.39), 29.72(29.69).

Capítulo 30(31): Indutância

- Número de aulas: **1 aula**
- Seções do livro texto: *30.1 Indutância Mútua; 30.2 Indutores e Auto-Indutância; 30.3 Energia do Campo Magnético; 30.5 O Circuito L-C.*
- Exercícios sugeridos: 30.1(31.1), 30.3(31.5), 30.9(31.7), 30.16(31.14).

Capítulo 32(33): Ondas Eletromagnéticas

- Número de aulas: **4 aulas**
- Material Extra: *Forma Integral e Diferencial das Equações de Maxwell*
- Seções do livro texto: *32.1 Equações de Maxwell e Ondas Eletromagnéticas; 32.2 Ondas Eletromagnéticas Planas e a Velocidade da Luz; 32.3 Ondas Eletromagnéticas Senoidais; 32.4 Energia em Ondas Eletromagnéticas e 32.5 Ondas Eletromagnéticas Estacionárias (33.1 a 33.7)*
- Exercícios sugeridos: 32.6(33.4), 32.9(33.5), 32.16(33.16), 32.28(33.14), 32.31(33.25), 32.33(33.23), 32.34(33.26), 32.42(33.29), 32.44(33.44), 32.46(33.36).

P3 em 24 de junho as 10:35

SUB em 1 de julho as 10:35

REC a ser definida posteriormente

5 Divisão das turmas

Turma	Professor	Horários
01	Helena Petrilli	3 ^a feira 15:00-16:40 5 ^a feira 15:00-16:40
02	Marcos Lima	3 ^a feira 13:10-14:50 5 ^a feira 13:10-14:50
03	Marcos Lima	3 ^a feira 15:00-16:40 5 ^a feira 15:00-16:40
04	Carlos Fiore	4 ^a feira 13:10-14:50 5 ^a feira 13:10-14:50
05	Marco Aurélio Brizotti	2 ^a feira 15:00-16:40 5 ^a feira 15:00-16:40
06	Edivaldo Moura	2 ^a feira 13:10-14:50 5 ^a feira 13:10-14:50
07	Ricardo Lima	2 ^a feira 15:00-16:40 5 ^a feira 15:00-16:40
08	Ricardo Lima	2 ^a feira 13:10-14:50 5 ^a feira 13:10-14:50
09	Fernando garcia	2 ^a feira 09:20-11:00 4 ^a feira 09:20-11:00
10	Gustavo Canal	2 ^a feira 13:10-14:50 4 ^a feira 15:00-16:40
11	Fernando Garcia	2 ^a feira 07:30-09:10 4 ^a feira 07:30-09:10
12	José Roberto de Oliveira	2 ^a feira 15:00-16:40 5 ^a feira 15:00-16:40

Obs: Informações sobre a sala de aula estarão disponíveis na secretaria do Biênio da Poli.

6 Avaliação

6.1 Critério de avaliação

O número máximo de faltas é 8 (70% de frequência).

A média final M é a médias aritmética das notas de três provas:

$$M = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{3},$$

onde P_i são as notas das provas escritas.

Está prevista uma prova substitutiva (P_{SUB}) versando sobre *toda a matéria do semestre*. A prova substitutiva **não é aberta**. **Somente os alunos que tiverem perdido uma das provas por motivo justificado poderão fazer a P_S** . A justificativa (atestados, etc) **deverá ser apresentada a seu(sua) professor(a) antes da prova seguinte prova perdida**. Seu(Sua) professor(a) **decidirá se vai aceitá-la ou não**.

O aluno estará aprovado se a média $M \geq 5$ e a frequência for maior que 70%. Alunos com $3,0 \leq M < 5,0$ e com frequência maior do que 70% terão direito a uma prova de

recuperação (P_{REC}), Neste caso, a média final será calculada segundo a fórmula

$$M_R = \frac{M + P_{REC}}{2}.$$

O aluno estará aprovado se $M_R \geq 5$.

As notas das provas serão divulgadas na página WEB do curso. Seu professor determinará o procedimento de revisão de cada uma das provas. Na impossibilidade de comparecer ao procedimento determinado, o aluno poderá requerer revisão da prova até 7 dias após a divulgação das notas.

6.2 Data e horário das provas

As provas serão realizadas nos dias e horários indicados na tabela abaixo.

Prova	DATA DA PROVA
P_1	8 de Abril , terça-feira, as 10:35hs
P_2	20 de Maio , terça-feira, as 10:35hs
P_3	24 de junho , terça-feira, a s10:35hs
P_{SUB}	01 de julho , terça-feira, as 10:35hs
P_{REC}	Divulgado posteriormente , as 13:10hs

Todas as provas terão duração de 100 minutos.

7 Bibliografia

O livro-texto da disciplina é *Sears & Zemansky, Física III, 12ª edição, Young & Freedman..* Dentre os diversos outros textos de nível introdutório podemos citar

- Volume 3 do “Fundamentos de Física”, Halliday, Resnick e Walker.
- Volume 3 do “Curso de Física Básica”, Moysés Nussenzveig, Ed. Edgard Blücher.
- Volume 2 do “The Feynman Lectures on Physics”, R. P. Feynman, R. B. Leighton e M. Sands, Addison-Wesley Pub. Co.

8 Respostas a algumas perguntas frequentes

- Questões concernente a pré-requisitos ou revalidação de créditos devem ser encaminhadas a “Comissão de Graduação do Instituto de Física”.
- Alunos não matriculados no curso não terão suas notas guardadas. **As mículas devem ser regularizadas até a data da segunda prova do curso.**
- As provas devem ser feitas obrigatoriamente na turma em que o aluno está matriculado. Verifique com a devida antecedência o local em que a prova da *sua turma* será realizada.

- As revisões de provas não serão feitas fora das datas estabelecidas pelo seu professor. Na impossibilidade de comparecer na data determinada, o aluno poderá requerer revisão da prova até 7 dias após a divulgação das notas.
- Quaisquer outras questões, devem ser encaminhadas diretamente ao seu professor.