


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
 Campus Blumenau

Física Geral III

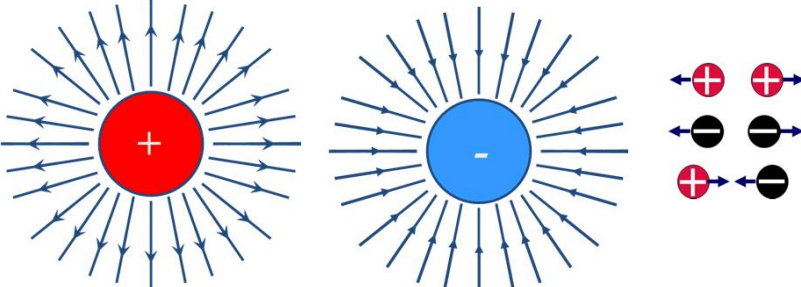
Aula Teórica 14 (Cap. 30 parte 1/2):

- 1) O campo magnético
- 2) Definição de campo magnético
- 3) Linhas de campo magnético
- 4) Movimento de uma partícula carregada num campo magnético uniforme
- 5) Garrafa magnética
- 6) Aurora

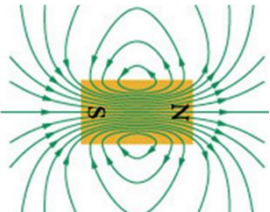
Prof. Marcio R. Loos


O Campo Magnético

“ Uma carga cria um **campo elétrico** ao seu redor:



“ Um ímã produz um **campo magnético** ao seu redor:




 UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

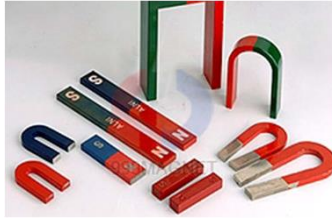
Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br

2

O Campo Magnético

Existem vários tipos de ímãs:

“ **Ímãs permanentes:**



“ **Eletroímãs:**



Ímã gigante



BigBite é um
Eletroímã de 50 ton
com um gap de 25
cm por 100 cm

$$B = 1 \text{ Tesla}$$

Ímã gigante



O Campo Magnético

- “ De onde surge o campo elétrico?
...de cargas elétricas!
- “ De onde surge o campo magnético?
...de cargas magnéticas? Monopólos magnéticos?

Não!

- “ **O campo magnético surge de cargas elétricas em movimento.**
- “ Independente de sua velocidade, q cria um campo elétrico.
- “ q só criará um campo magnético se velocidade > 0 .
- “ É fácil imaginar cargas em movimento num fio elétrico (eletroímãs).

O Campo Magnético

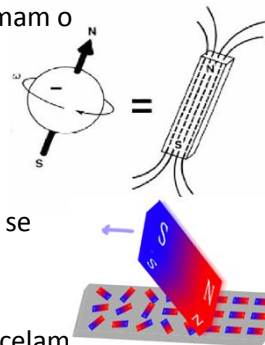
“ E quanto ao ímã permanente? Onde estão elas?

“ São os elétrons! Estão nos átomos de ferro que formam o ímã.

“ Elétrons tem um campo magnético intrínseco.

“ Em alguns materiais, o campo criado pelos elétrons se soma para criar um campo magnético líquido...

“ ...em outros materiais os campos intrínsecos se cancelam



Cargas em movimento criam um **campo magnético**



Um **campo magnético** exerce uma **força magnética** sobre **cargas em movimento**

Definição de Campo Magnético

“ Vamos relembrar a definição do campo elétrico **E**:

O Campo Elétrico

“ O campo elétrico existe na região espacial ao redor do **objeto carregado**.

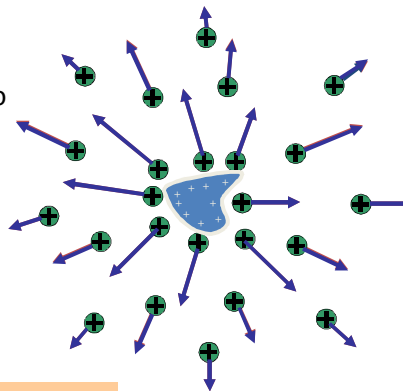
“ Conceito de **carga-teste**:

- Pequena e positiva
- Não afeta a distribuição de cargas do objeto (isto afetaria E).
- Colocamos q_0 em um ponto P próximo ao objeto carregado
- Medimos a força eletrostática que atua sobre q_0
- O campo elétrico no ponto P (onde está q_0) é dado por:

Força por unidade de carga!

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

$$\vec{F} = q_0 \vec{E}$$



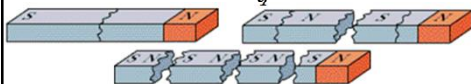
“A existência de um campo elétrico é uma propriedade de sua fonte.

“A presença de uma carga-teste não é necessária para a existência do campo.

Definição de Campo Magnético

“ Carga-teste (q) e campo elétrico:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_E}{q}$$



Define-se \vec{B} em algum ponto em termos da força magnética \vec{F}_B que \vec{B} exerce em uma partícula *carregada* com velocidade \vec{v} .

A magnitude de F_B é proporcional à carga q e à velocidade v da partícula.

$F_B = 0$ quando a partícula carregada se move paralela ao vetor campo magnético.

Quando a velocidade faz um ângulo $\phi \neq 0$ com o campo magnético, \vec{F}_B é perpendicular a ambos, \vec{B} e \vec{v} .

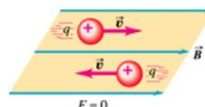
\vec{F}_B em uma carga positiva é oposto ao \vec{F}_B em uma carga negativa.

A magnitude F_B é proporcional ao $\text{sen}\phi$.

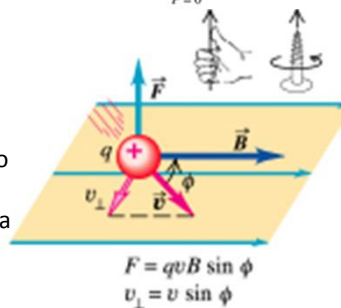
Monopolo teste (p) e campo magnético ?

~~$$\vec{B} = \frac{\vec{F}_B}{p}$$~~

Polos magnéticos são sempre encontrados aos pares.



$F = 0$

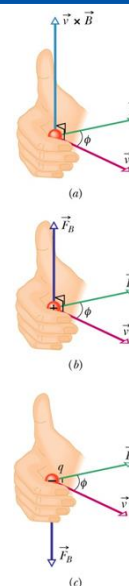
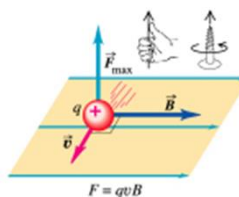


$$F = qvB \sin \phi$$

$$v_{\perp} = v \sin \phi$$

Definição de Campo Magnético

- Força magnética $\vec{F}_B = q \vec{v} \times \vec{B}$ **Definição de campo magnético**
- A magnitude da força magnética vale: $F_B = |q|vB \sin \phi$
- O que acontece se...?
 - $q=0$
 - $v=0$
 - $\vec{v} // \vec{B}$ ($\phi=0$ ou 180°)
 - \vec{v} perp. \vec{B} ($\phi=90^\circ$)
 - $\vec{v} \times \vec{B}$ fornece um vetor perpendicular a \vec{v} e \vec{B} .
- A regra da mão direita determina a direção da força magnética.



Regra da mão direita: O polegar da mão direita aponta na direção de $\vec{v} \times \vec{B}$ quando os outros dedos apontam de \vec{v} para \vec{B} .
Para $-q$, \vec{F}_B aponta no sentido oposto ao polegar (mão esquerda!).

Definição de Campo Magnético

$$\vec{F}_E = q \vec{E} \longleftrightarrow \vec{F}_B = q \vec{v} \times \vec{B}$$

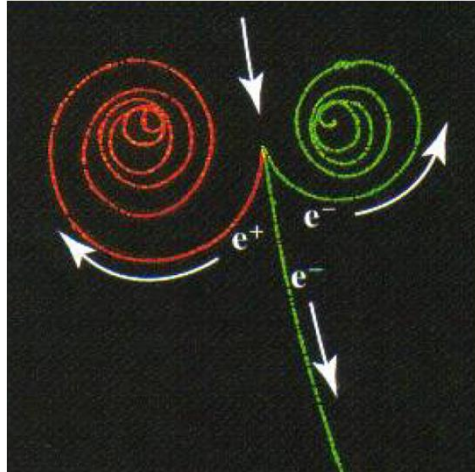
- A força elétrica atua ao longo da direção do campo elétrico.
- A força magnética é perpendicular ao campo magnético.
- A força elétrica age em uma partícula carregada esteja ela em movimento ou não.
- A força magnética age em uma partícula carregada apenas quando esta se move.
- A força elétrica realiza trabalho ao deslocar uma carga.
- A força magnética não realiza trabalho ao deslocar uma partícula.
- A componente de \vec{F}_B na direção de \vec{v} é sempre nula:
- \vec{F}_B não pode mudar o módulo de \vec{v} mas sim a direção!
- Lembre-se: se a direção de \vec{v} muda, \vec{v} muda e há aceleração!
- \vec{F}_B imprime aceleração na partícula.

Traços de partículas carregadas

- “ Câmara de bolhas: H líquido sob um forte \mathbf{B} apontando para fora do slide.
- “ Raio gama (neutro, não deixa rastro) interage com H e se transforma num elétron (e^-), pósitron (e^+) e arranca um elétron do átomo de H (e^-).

$$\vec{F}_B = q \vec{v} \times \vec{B}$$

O pósitron (antielétron) é a antipartícula (antimatéria), contraparte do elétron...



Unidade de Campo Magnético (B)

$$1 \text{ tesla} = 1 T = 1 \frac{N}{C(m/s)}$$

$$1 \frac{C}{s} = 1 A$$

$$1 T = 1 \frac{N}{(C/s)m} = 1 \frac{N}{Am}$$

$$1 \text{ tesla} = 10^4 \text{ gauss}$$

Gauss é uma unidade antiga (não SI).

Alguns campos magnéticos:

Na superfície de uma estrela de nêutrons	10^8 T
Perto de um grande eletroímã	1.5 T
Perto de um ímã pequeno	10^{-2} T
Na Superfície da Terra	10^{-4} T
No espaço sideral	10^{-10} T
Em uma sala magneticamente blindada	10^{-14} T

Exercício: Magnitude da força magnética

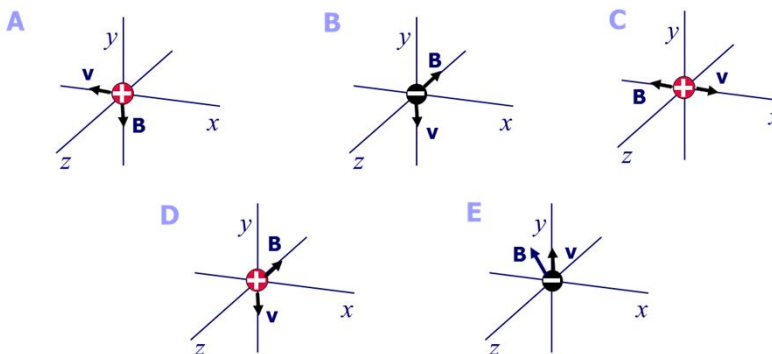
A força magnética atuando sobre uma partícula em um campo magnético é zero. Qual situação é impossível de acontecer?

$$F_B = |q|vB\sin\phi$$

- A. A partícula é neutra.
- B. A partícula está estacionária.
- C. O movimento da partícula é ao longo do campo magnético.
- D. O movimento da partícula é oposto ao campo magnético.
- E. Todas situações acima são possíveis.

Exercício: Direção da força magnética

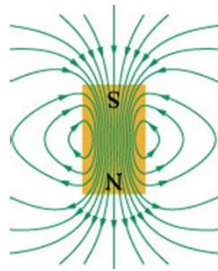
As figuras mostram cinco situações nas quais uma partícula carregada com velocidade \mathbf{v} viaja através de um campo magnético uniforme \mathbf{B} . Em qual situação o sentido da força magnética será ao longo do eixo $+x$?



Linhas de Campo Magnético

“ Similar ao campo elétrico, o campo magnético pode ser representado por linhas de campo, magnético.

- (1) A direção da tangente a uma linha de campo magnético em qualquer ponto fornece a direção de **B** neste ponto.
- (2) O espaçamento das linhas representa o módulo de **B**.

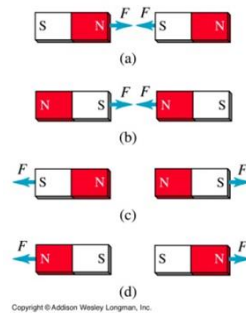


CONVENÇÃO
 ● Saíndo
 X Entrando

As linhas formam curvas fechadas.

As linhas entram no polo sul e saem no polo norte.

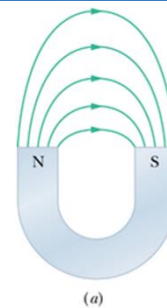
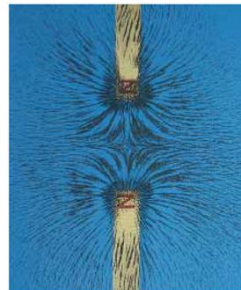
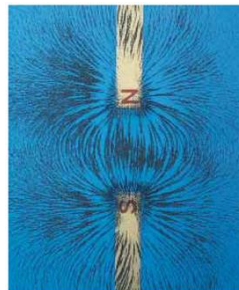
Dizemos que um ímã possui um dipolo magnético (tem dois polos)



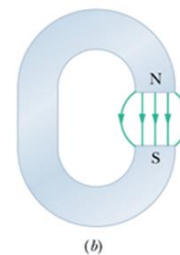
Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.

Polos opostos se atraem e iguais se repelem

Linhas de Campo Magnético



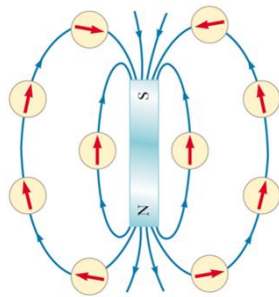
(a)



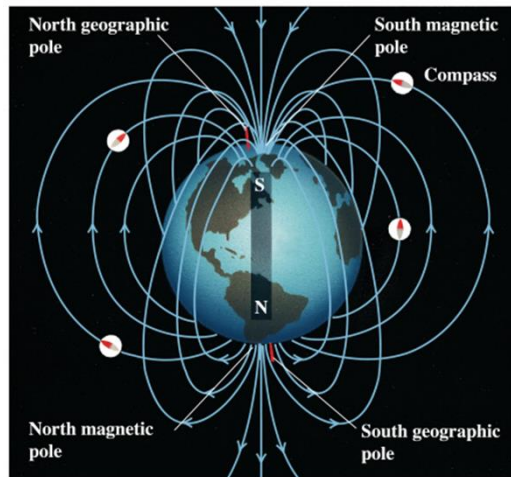
(b)

Linhas de Campo Magnético

- “ A terra possui um campo magnético intrínseco (produzido no interior).
- “ Uma bússola indica a presença deste campo.
- “ Uma bússola aponta na direção norte-sul.



Norte atrai Sul:
Norte geográfico = Sul magnético



Movimento de uma partícula carregada num campo magnético uniforme

- “ F_B nunca tem uma componente paralela a \mathbf{v} e não pode mudar a energia cinética da partícula.
- “ A força pode mudar apenas a direção de \mathbf{v} .
- “ Partículas carregadas se movem em círculo em um plano perpendicular ao campo magnético

“ Temos que:

$$\sum F = F_B = ma$$

“ Logo:

$$F_B = qvB = \frac{mv^2}{r}$$

“ O raio da trajetória circular é dado por

$$r = \frac{mv}{qB}$$

“ A velocidade angular:

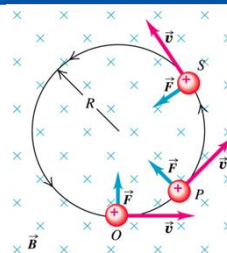
$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{qB}{m}$$

“ O período do movimento:

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi m}{qB}$$

“ A frequência do movimento:

$$f = \frac{qB}{2\pi m}$$



“ T e ω não dependem da v da partícula.

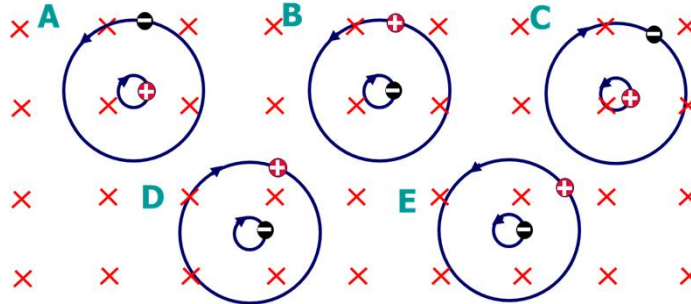
“ Partículas rápidas se movem em círculos maiores e lentas em círculos menores.

“ Todas partículas com mesma razão q/m levam o mesmo tempo T para completar uma volta.

“ A direção de rotação de +q é sempre no sentido anti-horário e para -q é sempre no sentido horário.

Exercício: Partícula carregada circulando

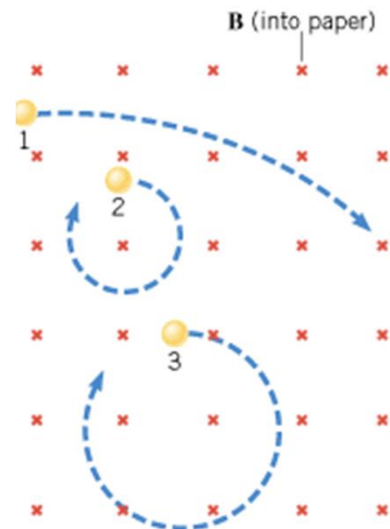
As figuras mostram as trajetórias circulares de duas partículas que viajam na mesma velocidade em um campo magnético B , o qual é direcionado para o plano do slide. Uma partícula é um próton; a outra é um elétron (menos massivo). Que figura é fisicamente razoável?



$$r = \frac{mv}{qB}$$

Linhas de Campo Magnético

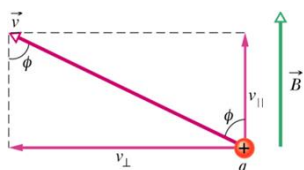
- “ Três partículas possuem cargas e massas idênticas. Elas entram em um campo magnético constante e seguem as trajetórias mostradas na Figura.
- “ Classifique a velocidade das partículas, da maior para menor.



Movimento de uma partícula carregada num campo magnético uniforme

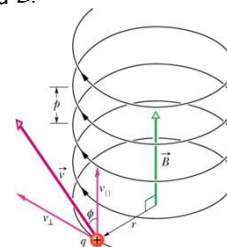
“ **Movimento circular:** v é perpendicular a B (B uniforme).

“ **Trajectoria helicoidal:** v tem uma componente paralela a B .



$$v_{\parallel} = v \cos \phi$$

$$v_{\perp} = v \sin \phi$$



“ Movimento em um campo magnético não-uniforme: intenso nas extremidades e fraco no meio:

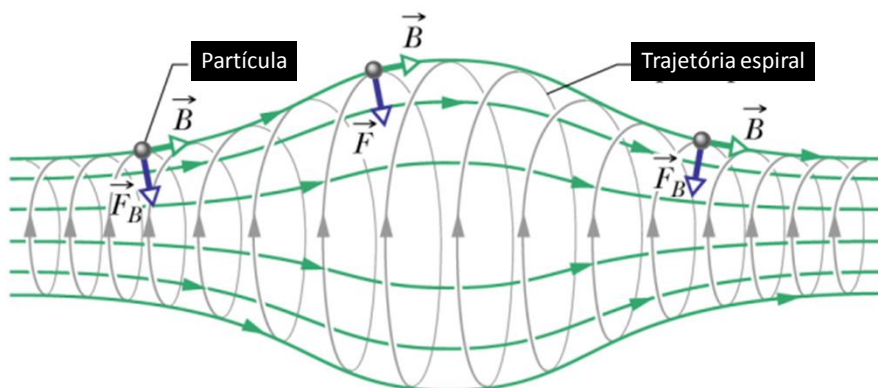
- Garrafa magnética.
- Aurora Boreal

Uma Partícula Carregada: Garrafa Magnética

“ Campo não-uniforme: note o espaçamento entre as linhas de campo magnético.

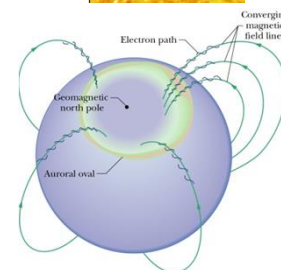
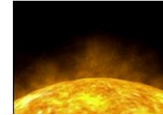
“ Se o campo for suficientemente intenso, a partícula será refletida.

“ Se refletida nas duas extremidades, teremos uma “garrafa magnética”.



Uma partícula carregada: Aurora

- “ Devido a um efeito como o de garrafa magnética, elétrons e prótons são aprisionados pelo campo magnético terrestre.
- “ Estas partículas aprisionadas formam os *Cinturões de Radiação de Van Allen*.
- “ Erupções solares **injetam elétrons e prótons** adicionais nos cinturões de radiação.
- “ Isso **produz um campo elétrico** na região onde os elétrons são **normalmente refletidos**.
- “ Esse **campo elimina a reflexão** e permite que os **elétrons penetrem** na atmosfera.
- “ Estes elétrons colidem com átomos e moléculas do ar fazendo-os emitir luz: **aurora**.



Uma Partícula Carregada: Aurora



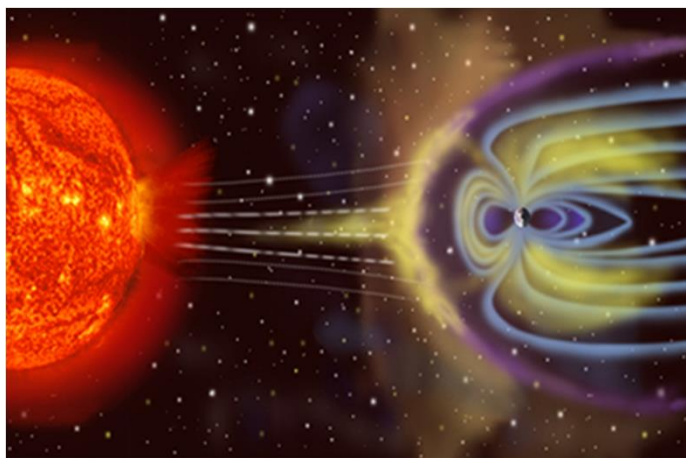
Uma Partícula Carregada: Aurora



Uma Partícula Carregada: Aurora



O campo magnético da Terra nos protege!

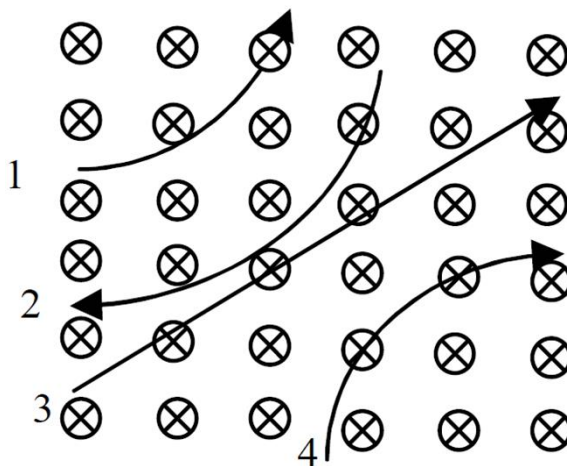


A magnetosfera protege a superfície da Terra das partículas carregadas do vento solar.

É comprimida no lado diurno (Sol) devido à força das partículas que chegam, e estendido no lado noturno.

Exercício

Quatro partículas seguem as trajetórias mostradas na figura abaixo quando elas passam através de um campo magnético. O que se pode concluir sobre a carga de cada partícula?



Resposta:

1) $+q$

2) $-q$

3) $q = 0$

4) $-q$

Você já pode resolver os seguintes exercícios:

Capítulo 30: 2, 5, 6,10, 12,23, 27,30, 31, 34, 36, 43, 46, 47, 48, 50, 53 e 67.

Capítulo 31: 8, 9, 11, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 28, 29, 34, 35, 37, 38, 40, 41, 42, 46, 47, 48, 53 e 56.

Capítulo 32: 1,2,4,5, 6,9,12, 19, 23, 24, 25, 26, 29, 34, 36, 37,41 e 43.

Livro texto: Halliday, vol. 3, 4ª edição.

Mais informações (cronogramas, lista de exercícios):

web: loos.prof.ufsc.br e-mail: marcio.loos@ufsc.br