



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS BARRA DO GARÇAS
PROGRAMA DE MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE
FÍSICA
POLO 03

VALDIGLEI BORGES PRADO

PRODUTO EDUCACIONAL

ESTUDANDO A DINÂMICA DA CARGA ELÉTRICA NA PRESENÇA DE
CAMPOS ELÉTRICO E MAGNÉTICO ATRAVÉS DO AMBIENTE VIRTUAL 3D
VPYTHON

BARRA DO GARÇAS - MT

2023

Valdiglei Borges Prado

ESTUDANDO A DINÂMICA DA CARGA ELÉTRICA NA PRESENÇA DE
CAMPOS ELÉTRICO E MAGNÉTICO ATRAVÉS DO AMBIENTE VIRTUAL 3D
VPYTHON

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: ESTUDANDO A DINÂMICA DA CARGA ELÉTRICA NA PRESENÇA DE CAMPOS ELÉTRICO E MAGNÉTICO ATRAVÉS DO AMBIENTE VIRTUAL 3D VPYTHON desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 03 – UFMT - MT, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Fabrizio Myaki Alves

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao criador (Deus) por acreditar na capacidade do ser humano em criar projetos em busca de melhoria na qualidade de vida, e a liberdade para compreender o universo no qual fazemos parte dele. Aos professores doutores da Universidade Federal De Jataí (UFJ): Alessandro Martins, Henrique Almeida Fernandes, Maurício José Alves Bolzam, Paulo Freitas Gomes, Roosevelt Alves da Silva por ter me incentivado a fazer o mestrado na Universidade Federal Do Mato Grosso (UFMT).

Aos professores doutores do curso de matemática e química da Universidade Federal de Jataí por me dar apoio para continuar estudando e está sempre visando evoluir na carreira profissional. A comunidade escolar do Colégio Estadual Professora Alice Pereira Alves onde foi realizada a aplicação do nosso produto educacional.

Aos meus colegas de mestrado: Franco Vinicius Delfino, Jefferson Margraf Lopes, Kenia Aparecida Mendonça, Poliana Rodrigues Coelho, pelos momentos que nos reunimos para estudar.

Aos professores do Colégio Estadual Nestório Ribeiro pelo incentivo em fazer o curso de física (licenciatura) na Universidade Federal de Goiás Regional de Jataí.

Aos professores doutores do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), da Universidade Federal Do Mato Grosso (UFMT) polo 03 de Barra do Garças: Adellane Araujo Sousa, Arian Paulo de Almeida Moraes, George Barbosa da Silva, Rosangela Borges Pereira, por acreditar na minha capacidade de estar buscando melhorar, e pela contribuição na minha formação profissional.

Agradeço ao meu orientador, o prof. Dr. Fabrizio Myaki Alves, pela dedicação, apoio, paciência e pelas cobranças que teve por objetivo fazer o melhor na elaboração e aplicação do produto educacional.

Por fim agradeço o presente trabalho aplicado no Colégio Estadual Professora Alice Pereira Alves com a colaboração da Coordenação de

Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	4
2. AS TICS E A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	5
3. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	6
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	8
ROTEIRO.....	10
5. ALGORITMOS DA SIMULAÇÃO NO AMBIENTE VIRTUAL 3D VPYTHON.....	17
5.1. DINÂMICA DAS CARGAS ELÉTRICAS NA PRESENÇA DE CAMPOS ELÉTRICO E MAGNÉTICO UNIFORMES.....	17

1. APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Visando a melhoria das condições do ensino de Física, o programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) exige obrigatoriamente que junto à dissertação seja elaborado um produto educacional, tendo como expectativa a criação e divulgação de novos meios e de metodologias diferentes de aprendizagem para os professores do ensino básico. Atendendo essa expectativa nosso produto explora simulações computacionais elaboradas no ambiente virtual 3D VPython, com a finalidade de estimular o uso de tecnologias (TICs) em sala de aula, promovendo a criação de simulações/animações para o estudo da dinâmica da carga elétrica na presença de campos elétrico e magnético uniformes, conforme ilustrado na figura 1.

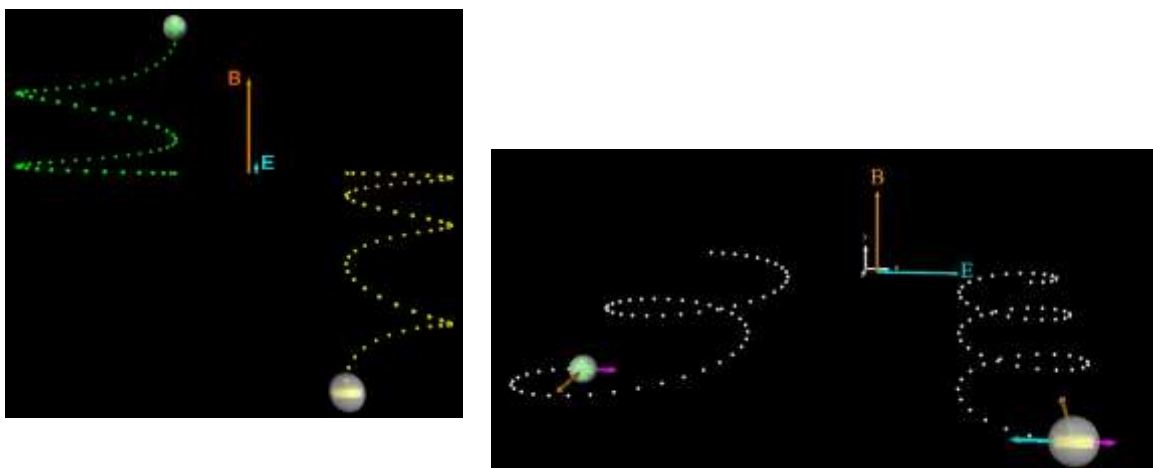


Figura 1: Simulações no ambiente 3D VPython da carga elétrica na presença dos campos elétrico E e magnético B .

A aplicação do nosso produto ocorre através do uso de um roteiro que auxiliará o aluno na interação com os simuladores e no aprendizado do conteúdo mencionado. O código do simulador escrito na linguagem de programação Python assim com o roteiro que serve como guia na sua aplicação estão disponibilizados nos anexos no final do texto.

A aplicação do nosso produto educacional tem como objetivo geral promover a interação do professor e educandos com o ambiente virtual e nesse norte estimular o uso de novas metodologias e práticas pedagógicas para o desenvolvimento da aprendizagem. Além disso esse produto possui os seguintes objetivos específicos:

- ❖ Oportunizar o aprendizado do conteúdo do tema proposto.
- ❖ Motivar o ensino da Física através da animação/simulação computacional.
- ❖ Estimular o senso crítico através do raciocínio investigativo.
- ❖ Identificar os conceitos envolvidos e suas relações com aplicações do Eletromagnetismo.
- ❖ Promover um ambiente pedagógico tendo o aluno como elemento ativo no processo de aprendizagem.

Acreditamos que o nosso produto será um aliado na educação básica mostrando a importância do uso do simulador virtual 3D VPython no ensino de Física através das suas principais características, riqueza visual e interatividade, assim criando condições e proporcionando motivação para o aprendizado de conceitos e aplicações das leis da Física na compreensão de fenômenos e tecnologias geradas que fazem parte do nosso cotidiano.

2. AS TICS E A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

As novas Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) são ferramentas de ensino imprescindíveis nos dias atuais, repletas de mecanismos apropriados que devem melhorar o presente e mudar o futuro da educação. Partindo dessa linha, esse produto educacional tem como base incentivar o uso das TICs em sala de aula devendo ser incorporado pelos professores de Física em suas atividades pedagógicas. Acredita-se que as TICs devem servir como um meio para aproximar o educando, e despertar o seu interesse, em relação ao que se pretende aprender, levando em consideração que as novas gerações são nativas da internet e usam as TICs regularmente.

Entender que as TICs podem contribuir para o ensino é um dos aspectos fundamentais do nosso produto educacional. Outra teoria em que o nosso trabalho está embasado é a da aprendizagem significativa de David Ausubel. É importante seguir o roteiro do produto e explorar o conhecimento prévio que os alunos possuem dos conceitos de Física, parte fundamental do processo de ensino aprendizagem. O produto educacional visa estabelecer ancoragens para

que novos conhecimentos sejam adquiridos. Esses conhecimentos são alcançados de maneira mais significativa do que apenas a memorização, levando os educandos a terem uma aprendizagem mais concreta e efetiva do conteúdo.

3. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O primeiro passo antes da aplicação do produto educacional é verificar qual nível de conhecimento a turma tem sobre o assunto. Existem várias possibilidades para essa análise diagnóstica, o professor pode preferir por ministrar uma aula expositiva e dialogada e por meio de perguntas e respostas verificar o conhecimento prévio. Outras formas podem ser através de quiz, jogos interativos, aplicação da teoria na resolução de questões e atividades, aplicação de testes, além de outras da preferência do professor.

Depois dessa etapa o professor terá um panorama do conhecimento dos estudantes. Assim o tema em questão é introduzido por meio de conteúdos que podem ser expositivos com utilização de recursos visuais ou até mesmo por quadro branco e pincel. É fundamental ensinar a lei de Coulomb, assim como os campos elétrico e magnético. Recomenda-se que a aplicação do produto educacional siga esse padrão apresentado na tabela 1:

Tabela 1 - Aplicação do produto educacional

Nº de Horas aula	Tópico	Recurso
02	Dinâmica de uma carga elétrica 1/4 - Campo magnético somente	Laboratório de informática. Computadores. Projetor. Lousa. Pincel.
02	Dinâmica de uma carga elétrica 2/4 - Campo magnético somente	Laboratório de informática. Computadores. Projetor. Lousa. Pincel.
02	Dinâmica de uma carga elétrica 3/4 - Campo elétrico e magnético	Laboratório de informática. Computadores. Projetor. Lousa. Pincel.
02	Dinâmica de uma carga elétrica 4/4 - Campo elétrico e magnético	Laboratório de informática. Computadores. Projetor. Lousa. Pincel.
02	Dinâmica de duas cargas elétricas 1/2 - Campo magnético somente	Laboratório de informática. Computadores. Projetor. Lousa. Pincel.
02	Dinâmica de duas cargas elétricas 2/2 - Campo magnético somente	Laboratório de informática. Computadores. Projetor. Lousa. Pincel.

Acervo: Autoria própria, 2023.

A próxima etapa já consiste na aplicação do produto. Um roteiro contendo

as informações sobre a aplicação do simulador VPython deve ser entregue aos alunos em aula anterior, ele pode ser enviado digitalmente via WhatsApp ou por e-mail, ou impresso e entregue individualmente para eles. Na fase da execução os alunos devem ter acesso aos computadores de modo que possam ter acesso ao ambiente virtual VPython 3D¹, utilizando uma versão instalada no computador ou online disponível, como no site <https://glowsript.org/>. No caso de instalação é válido lembrar que o professor precisa escolher uma versão do VPython que seja compatível com o computador disponível na unidade escolar.

Vale ressaltar que o professor deve orientar os alunos na forma como deve ser usado o computador, as regras de convivência e afins, e sempre trabalhando as atividades de ensino com enfoque na utilização do simulador. O professor deve orientar aos estudantes como acessar o VPython (a partir de um atalho que deve ser salvo na área de trabalho), e com a ajuda do roteiro e o guia do professor o aluno estará apto a realizar a simulação².

1 As orientações para instalação do VPython no computador se encontram em: <https://vpython.org/> ou https://vpython.org/contents/download_windows.html, recomenda-se que o professor acesse o site durante o planejamento da aula e que instale o recurso antes da aplicação do produto educacional.

2 É importante ressaltar que os algoritmos estarão prontos para os alunos e se encontram em anexo nesse produto educacional.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O produto educacional proporciona aos professores do ensino fundamental e médio usar as TICs disponíveis na escola. Um dos objetivos é tornar a aula mais atrativa e mais dinâmica. Para complementar, o professor pode utilizar de outras atividades desenvolvidas em olimpíadas, vestibulares, ENEM, para reforçar o aprendizado. A utilização do simulador também contempla projetos como feira de ciências e similares. O produto tem como finalidade aprimorar as aulas voltadas para física básica, principalmente ao tema voltado para dinâmica de carga elétrica na presença de campos elétrico e magnético constantes. Assim, esse produto reforça também conceitos fundamentais de física podendo ser trabalhados em recomposição.

APÊNDICE

(A): ROTEIRO DO PRODUTO EDUCACIONAL

ROTEIRO
CARGA ELÉTRICA NA PRESENÇA DE
CAMPOS ELÉTRICO E MAGNÉTICO UNIFORMES

O objeto de estudo dessa simulação computacional é a carga elétrica na presença de dois campos, elétrico \mathbf{E} e magnético \mathbf{B} , ambos uniformes. O intuito é orientado pelo passo a passo desse roteiro/guia, investigar e compreender a dinâmica tridimensional da carga (positiva ou negativa) influenciada pelos campos, através da interação com o simulador e observação de seus elementos visuais.

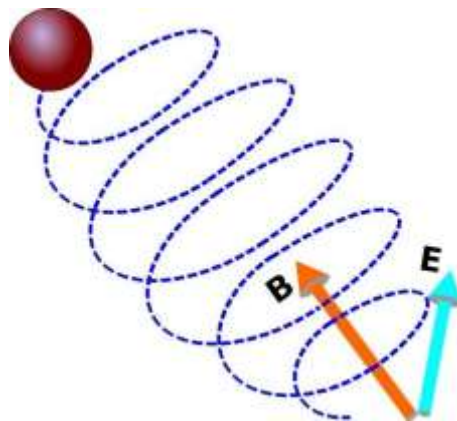


Figura 2: Carga elétrica na presença dos campos elétrico \mathbf{E} e magnético \mathbf{B} . A figura é meramente ilustrativa.

A carga elétrica inicialmente possui velocidade com componentes v_{0x} , v_{0y} , v_{0z} nas três direções espaciais e o centro do seu movimento localizado em x_0 , y_0 , z_0 a partir da origem do sistema de coordenadas cartesiana considerado no simulador.

A simulação é constituída por duas partes. Na primeira parte será analisada o comportamento de uma carga elétrica apenas. Na segunda parte será estudado o comportamento de duas cargas com sinais opostos. Esta última situação será simulada mantendo as cargas nas mesmas condições, ou seja,

sob o efeito dos mesmos campos.

PARTE 1 – DINÂMICA DE UMA CARGA ELÉTRICA

Vamos estudar primeiramente o problema de uma carga elétrica imersa nos campos elétrico e magnético constantes. Nesta parte o seu estudo será realizado com o auxílio do vetor velocidade da carga e dos vetores força elétrica e força magnética presentes na simulação. A trajetória da carga também é mostrada acompanhada de uma circunferência que auxiliará na compreensão do movimento. Esses elementos virtuais atualizados em tempo real operarão como objetos pedagógicos importantes para a interpretação e entendimento do problema. Lembre-se de atribuir valores pequenos às grandezas físicas associadas ao problema, na supervisão do professor.

(A) Campo magnético somente ($\mathbf{B} \neq \mathbf{0}$ e $\mathbf{E} = \mathbf{0}$).

Começamos analisando o caso em que a carga encontra-se apenas na presença do campo magnético. A simulação define este campo unicamente em termos da sua componente na direção y , ou seja, $\mathbf{B} = B_0 \mathbf{j}$. As outras componentes são sempre nulas.

A.1 – Considere $B_0 = 1.0$ T no código. Assuma também a carga elétrica inicialmente em repouso, $v_{0x} = v_{0y} = v_{0z} = 0$. O que ocorre no simulador e por que isso acontece?

A.2 – Mantendo o mesmo valor anterior do campo, assumo agora v_{0x} ou v_{0z} diferente de zero. Identifique os vetores presentes na simulação e descreva a(s) mudança(s) ocorrida(s), procurando explicar o(s) motivo(s).

A.3 – Aumentemos o valor do campo, para 1.5 ou 2.0 T. Relate e explique o ocorrido.

A.4 – Outra situação que nos permite investigar é alterando o valor da carga elétrica no problema, o que corresponde mudar no código o

valor da razão carga-massa. Analise e descreva qualquer mudança observada.

A.5 – Em seguida modifique o impulso inicial fornecido a carga, isso acontecerá alterando o valor de v_{0x} ou v_{0z} considerado no item A.2. Nesse caso que resultado devemos esperar no movimento da carga?

A.6 – Por fim, analisamos o problema na condição em que $v_{0y} \neq 0$. Atribua no código um valor não nulo para v_{0y} e relate o resultado obtido.

(B) Campos elétrico e magnético ($\mathbf{B} \neq \mathbf{0}$ e $\mathbf{E} \neq \mathbf{0}$).

Investiguemos agora o comportamento da carga elétrica sob o efeito conjunto dos campos elétrico e magnético, representados vetorialmente por, $\mathbf{E} = E_{0x} \mathbf{i} + E_{0y} \mathbf{j} + E_{0z} \mathbf{k}$ e $\mathbf{B} = B_0 \mathbf{j}$.

B.1 – Considere primeiramente o campo elétrico na direção y , ou seja, assuma $E_{0y} \neq 0$ unicamente. Interprete o resultado promovendo uma comparação com o resultado obtido no item A.6.

B.2 – Analisaremos agora o comportamento da carga elétrica, no plano xz da simulação, com o campo elétrico na direção x ou z . Para isso devemos assumir, $v_{0y} = 0$, $E_{0y} = 0$ e E_{0x} ou E_{0z} diferente de zero. Como pode-se explicar as evidências observadas?

B.3 – Ainda investigando o comportamento da carga no plano xz ($v_{0y} = 0$ e $E_{0y} = 0$), simularemos um outro evento interessante em que, $E_{0x} = E_{0z} \neq 0$ e admitindo também que, $v_{0x} = -E_{0z} / B_0$ e $v_{0z} = E_{0x} / B_0$. Descreva o que ocorre e, como explicá-lo?

B.4 – Como última simulação do item B, considere, $v_{0x} = v_{0z} = 0$, e o campo elétrico apenas na direção y ($E_{0x} = E_{0z} = 0$ e $E_{0y} \neq 0$). Relate as observações identificadas e explique-as.

PARTE 2 – DINÂMICA DAS DUAS CARGAS ELÉTRICAS

A segunda parte consiste em simular duas cargas elétricas de valores diferentes e de sinais opostos na presença dos mesmos campos elétrico e magnético uniformes. O estudo dessa vez acontecerá pela observação direta das suas trajetórias, desprezando a interação entre as cargas.

C.1 – Simule novamente o item A.2.

C.2– Simule novamente o item B.1.

C.3– Simule novamente o item B.2.

C.4– Simule novamente o item B.3.

Observação: assumo para as duas cargas os mesmos valores das componentes das velocidades iniciais exigidas no item que será simulado.

ORIENTAÇÕES IMPORTANTES!!

- I) No decorrer das atividades realizadas no roteiro é fundamental que se faça relatos detalhados de tudo que é presenciado durante o estudo da dinâmica da carga elétrica.
- II) Repita e interaja com o experimento virtual quantas vezes forem necessárias até que se perceba todos os fatos importantes relativos ao problema estudado e que se obtenha a compreensão satisfatória dos conceitos envolvidos.
- III) Discuta com os colegas, sempre utilizando a teoria associada ao problema da carga elétrica, as ocorrências apontadas no simulador confrontando-as a fim de verificar alguma divergência no seu entendimento. Discussões em grupo intermediados pelo professor também contribuem para o aprendizado dos conceitos físicos estudados.

IV) Não insira as unidades das grandezas no código dos simuladores, apenas seus valores. O código já está preparado para funcionar no sistema de unidades considerado. Atribua valores pequenos as grandezas físicas envolvidas, de preferência até 2 unidades, para não descaracterizar ou distorcer o cenário virtual simulado.

(B): CÓDIGO DO PRODUTO EDUCACIONAL

5. ALGORITMOS DA SIMULAÇÃO NO AMBIENTE VIRTUAL 3D

VPYTHON

5.1 DINÂMICA DAS CARGAS ELÉTRICAS NA PRESENÇA DE CAMPOS ELÉTRICO E MAGNÉTICO UNIFORMES

```
# coding: iso-8859-1
```

```
from visual import *
```

```
import math
```

```
#####
#####
#####DINÂMICA DA CARGA ELÉTRICA NA PRESENÇA DE
CAMPOS ELÉTRICO E MAGNÉTICO UNIFORMES
#####
#####
#####
```

```
scene.width = 1700 # define a largura da janela da simulação
```

```
scene.height = 850 # define a altura da janela da simulação
```

```
scene.range = 10.0 # define o zoom da janela
```

```
scene.ambient = vector(0.2, 0.2, 0.2)
```

```
scene.forward = vector(5.0, -2.0, -5.0) # câmera
```

```
##### DEFININDO UM VETOR
CILÍNDRICO #####
```

```
def vetor_cil(x, y, z, ax, ay, az, cor):
```

```
    a = sqrt(ax * ax + ay * ay + az * az) # módulo do vetor
```

```
    barra = cylinder(pos = vector(x, y, z), axis = vector(ax, ay, az), radius
= 0.2, color = cor)
```

```
    h = 5 * barra.radius
```

```
    cone(pos = barra.pos + barra.axis, axis = vector(h * ax / a, h * ay / a,
h * az / a),
        radius = 2 * barra.radius, color = cor)
```

```
#####
```

```
executar = True
```

```
##def botao(b):
```

```
##
```

```
## global executar
```

```
##
```

```
## if executar:
```

```
##
```

```
##     b.text = '<b>Rodar</b>'
```

```

##
##  else:
##
##      b.text = '<b>Pausar</b>'
##
##  executar = not executar
##
##button(text = '<b>Rodar</b>', bind = botao)

##### PARÂMETROS
CONSTANTES #####

#q = 0.1; m = 1.0 # carga elétrica e massa da partícula

qdm = 0.2 # razão q / m da partícula macroscópica carregada

e0x = 0.0; e0y = 1.0; e0z = 0.0 # componentes x,y,z do campo elétrico
uniforme

b0 = 1.0 #campo magnético uniforme na direção y (pode ser positivo ou
negativo)

x0 = 2.0; y0 = 2.0; z0 = 0.0 # a posição inicial da partícula

v0x = - e0z / b0; v0y = 0.0; v0z = e0x / b0 # situação em que a partícula
realiza M.U. perpendicularmente ao plano que contém os campos

v0x = 2.0; v0y = 0.0; v0z = 0.0 # componentes x,y,z da velocidade inicial
da partícula

```

$w = q * b_0 / m$ # velocidade angular da partícula no plano xz

$w = qdm * b_0$

$per = 2.0 * \text{math.pi} / \text{abs}(w)$ # período do movimento

$a_y = q * e_{0y} / m$ # aceleração da partícula na direção y

$a_y = qdm * e_{0y}$

$c_1 = v_{0x} + e_{0z} / b_0$ # parâmetro das equações do movimento

$c_2 = v_{0z} - e_{0x} / b_0$ # parâmetro das equações do movimento

VARIÁVEIS DO PROBLEMA
(INSTANTE INICIAL) #####

$x_t = x_0; y_t = y_0; z_t = z_0$ # a posição da partícula 1 no instante qualquer

$v_x = v_{0x}; v_y = v_{0y}; v_z = v_{0z}$ # componentes da velocidade 1 atualizada no tempo

$a_x = -w * c_2$ # aceleração da partícula 1 atualizada na direção x

$a_z = w * c_1$ # aceleração da partícula 1 atualizada na direção z

$t = 0.0$ # variável que representa o tempo

$dt = 0.02$ # incremento do tempo

```
##### OBJETOS QUE DEFINEM A
ANIMAÇÃO #####
```

```
raio = 16 * abs(qdm) # parâmetro cujo valor será atribuído ao raio
(tamanho) da partícula
```

```
##points(pos = vector(x0, y0, z0), radius = 10.0, color = color.blue) #
ponto no centro da trajetória circular no instante t = 0
```

```
carga = sphere (pos = vector( x0 + c2 / w, y0, z0 - c1 / w ), radius = raio,
make_trail = True, trail_radius = 0.3, trail_type = "points",
            interval = 20, trail_color = color.green, color = color.white,
opacity = 0.6) # a partícula com carga elétrica
```

```
circulo = ring(pos = vector(x0, y0, z0), axis = vector(0.0, 1.0, 0.0), radius
= sqrt(c1 * c1 + c2 * c2) / w,
            thickness = 0.15, color = color.yellow) # representa a
trajetória circular da carga no plano xz perpendicular ao campo
magnético
```

```
cpos1 = box(pos = vector( x0 + c2 / w, y0, z0 - c1 / w ), axis = vector(1.5
* carga.radius, 0.0, 0.0),
            width = carga.radius / 3, color = color.green) # define o sinal da
carga positiva
```

```
cpos2 = box(pos = vector( x0 + c2 / w, y0, z0 - c1 / w ), axis = vector(0.0,
1.5 * carga.radius, 0.0),
            width = carga.radius / 3, color = color.green) # define o sinal da
carga positiva
```

```
##cneg = box(pos = vector( x0 + c2 / w, y0, z0 - c1 / w ), axis =
vector(1.5 * carga.radius, 0.0, 0.0),
          #width = carga.radius / 3, color = color.yellow) # define o sinal da
carga negativa
```

```
##cola = compound([cpos1, cpos2]) # fixa/cola todos os elementos
considerados
```

```
fator = 3 # parâmetro que amplia a visualização dos vetores
```

```
fatorf = 7 * fator
```

```
veloc = arrow(pos = carga.pos, axis = vector(fator * v0x, fator * v0y, fator
* v0z), color = color.magenta, shaftwidth = 0.3)
```

```
acb = arrow(pos = carga.pos, axis = vector(-fatorf * qdm * b0 * vz, 0.0,
fatorf * qdm * b0 * vx), color = color.orange, shaftwidth = 0.3)
```

```
ace = arrow(pos = carga.pos, axis = vector(fatorf * qdm * e0x, fatorf *
qdm * e0y, fatorf * qdm * e0z), color = color.cyan, shaftwidth = 0.3)
```

```
##acr = arrow(pos = carga.pos, axis = vector(fatorf * ax, fatorf * ay,
fatorf * az), color = color.red, shaftwidth = 0.3)
```

```
#####
#####
```

```
##### DEFININDO OS EIXOS E OS VETORES
CAMPOS ELÉTRICO E MAGNÉTICO #####
```



```
coox = 2.0; cooy = 0.0; cooz = 2.0; fiv = 5.0

vetor_cil(0.0, 0.0, 0.0, 3.0, 0.0, 0.0, color.white) # eixo x

text(pos = vector(fiv, 0.0, 0.0), text = 'x', align = 'center', color =
color.white)

vetor_cil(0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 3.0, 0.0, color.white) # eixo y

text(pos = vector(0.0, fiv, 0.0), text = 'y', align = 'center', color =
color.white)

vetor_cil(0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 3.0, color.white) # eixo z

text(pos = vector(0.0, 0.0, fiv), text = 'z', align = 'center', color =
color.white)

zo = 6 # amplia ou reduz a visualização dos vetores campos elétrico e
magnético

dis = 0.7

if (e0x != 0.0 or e0z != 0.0):

    dis = 0.0

if (b0 != 0.0):

    vetor_cil(-dis + coox, 0.0, cooz, 0.0, zo * b0, 0.0, color.orange) #
vetor campo magnético
```

```

    cm = text(pos = vector(-dis + coox, zo * b0 + 2.0, cooz), text = 'B',
align = 'center', color = color.orange)

    cm.height = abs(cm.pos.y) / zo; cm.length = cm.height / 1.3; cm.depth
= cm.height / 5

if (sqrt(e0x * e0x + e0y * e0y + e0z * e0z) != 0.0):

    vetor_cil(dis + coox, 0.0, cooz, zo * e0x, zo * e0y, zo * e0z, color.cyan)
# vetor campo elétrico

    ce = text(pos = vector(zo * e0x + 4.0, zo * e0y, zo * e0z + 4.0), axis =
vector(1.0, 0.0, 1.0), text = 'E', align = 'center', color = color.cyan)

    ce.height = cm.height; ce.length = cm.length; ce.depth = cm.depth

#####
#####

##### VARIÁVEIS (GRANDEZAS) DO PROBLEMA QUE
SERÃO ATUALIZADAS NO TEMPO #####

while (t <= 4 * per): # estrutura de repetição condicionada, responsável
na atualização dos valores das grandezas físicas que mudam no tempo

    rate(1 / dt)

    if executar:

```

$t = t + dt$ # incrementando o tempo t

EQUAÇÕES DA
PARTÍCULA #####

$$x_t = x_0 + (1/w) * c_1 * \sin(w * t) + (1/w) * c_2 * \cos(w * t) - (e_0z / b_0) * t$$

$$v_x = c_1 * \cos(w * t) - c_2 * \sin(w * t) - e_0z / b_0$$

$$a_x = -w * c_1 * \sin(w * t) - w * c_2 * \cos(w * t)$$

$$y_t = y_0 + v_{0y} * t + a_y * t^2 / 2.0$$

$$v_y = v_{0y} + a_y * t$$

$$z_t = z_0 + (1/w) * c_2 * \sin(w * t) - (1/w) * c_1 * \cos(w * t) + (e_0x / b_0) * t$$

$$v_z = c_2 * \cos(w * t) + c_1 * \sin(w * t) + e_0x / b_0$$

$$a_z = -w * c_2 * \sin(w * t) + w * c_1 * \cos(w * t)$$

ATUALIZANDO A POSIÇÃO
DA PARTÍCULA #####

carga.pos = vector(x_t, y_t, z_t)

cola.pos = vector(x_t, y_t, z_t)

```

cpos1.pos = vector( xt, yt, zt )

cpos2.pos = vector( xt, yt, zt )

## cneg.pos = vector( xt, yt, zt )

circulo.pos = vector( x0 - (e0z / b0) * t, yt, z0 + (e0x / b0) * t )

veloc.pos = carga.pos

veloc.axis = vector( fator * vx, fator * vy, fator * vz )

acb.pos = carga.pos

acb.axis = vector(-fatorf * qdm * b0 * vz, 0.0, fatorf * qdm * b0 *
vx)

ace.pos = carga.pos

ace.axis = vector(fatorf * qdm * e0x, fatorf * qdm * e0y, fatorf *
qdm * e0z)
##
## acr.pos = carga.pos
##
## acr.axis = vector( fatorf * ax, fatorf * ay, fatorf * az )

```

5.1.1 DINÂMICA DAS CARGAS ELÉTRICAS NA PRESENÇA DE CAMPOS

ELÉTRICO E MAGNÉTICO UNIFORMES

```
# coding: iso-8859-1
```

```
from visual import *
```

```
import math
```

```
#####
#####
#####   DINÂMICA   DAS   CARGAS
ELÉTRICAS NA PRESENÇA DE CAMPOS ELÉTRICO E MAGNÉTICO
UNIFORMES #####
#####
#####
```

```
scene.width = 1700 # define a largura da janela da simulação
```

```
scene.height = 850 # define a altura da janela da simulação
```

```
scene.range = 10.0 # define o zoom da janela
```

```
##### DEFININDO UM VETOR
CILÍNDRICO #####
```

```
def vetor_cil(x, y, z, ax, ay, az, cor):
```

```
    a = sqrt(ax * ax + ay * ay + az * az) # módulo do vetor
```

```

barra = cylinder(pos = vector(x, y, z), axis = vector(ax, ay, az), radius
= 0.2, color = cor)

```

```

h = 5 * barra.radius

```

```

cone(pos = barra.pos + barra.axis, axis = vector(h * ax / a, h * ay / a,
h * az / a),
radius = 2 * barra.radius, color = cor)

```

```

#####
#####

```

```

##### PARÂMETROS
CONSTANTES #####

```

```

# q = 0.1; m = 1.0 # carga elétrica e massa da partícula

```

```

qdm1 = 0.1 # razão q / m da partícula 1 macroscópica carregada

```

```

qdm2 = - 1.5 * qdm1 # razão q / m da partícula 2 macroscópica
carregada

```

```

e0x = 2.0; e0y = 0.0; e0z = 0.0 # componentes x,y,z do campo elétrico
uniforme

```

```

b0 = 2.0 # campo magnético uniforme na direção y (pode ser positivo
ou negativo)

```

```

x0 = 0.0; y0 = 0.0; z0 = 0.0 # a posição inicial da partícula

```

$v_{0x} = -e_0z / b_0$; $v_{0y} = 0.0$; $v_{0z} = e_0x / b_0$ # situação em que as partículas realizam M.U. perpendicularmente ao plano que contém os campos

$v_{0x} = 0.0$; $v_{0y} = 0.0$; $v_{0z} = 0.0$ # componentes x,y,z da velocidade inicial da partícula

$w = q * b_0 / m$ # velocidade angular da partícula no plano xz

$w_1 = q_{dm1} * b_0$; $w_2 = q_{dm2} * b_0$

$per = 2.0 * \text{math.pi} / \text{abs}(w_1)$ # período do movimento

$a_y = q * e_{0y} / m$ # aceleração da partícula na direção y

$a_{y1} = q_{dm1} * e_{0y}$; $a_{y2} = q_{dm2} * e_{0y}$

$c_1 = v_{0x} + e_0z / b_0$ # parâmetro das equações do movimento

$c_2 = v_{0z} - e_0x / b_0$ # parâmetro das equações do movimento

VARIÁVEIS DO PROBLEMA
(INSTANTE INICIAL) #####

$x_{t1} = x_0$; $y_{t1} = y_0$; $z_{t1} = z_0$ # a posição da partícula 1 no instante qualquer

$v_{x1} = v_{0x}$; $v_{y1} = v_{0y}$; $v_{z1} = v_{0z}$ # componentes da velocidade 1 atualizada no tempo

$ax1 = -w1 * c2$ # aceleração da partícula 1 atualizada na direção x

$az1 = w1 * c1$ # aceleração da partícula 1 atualizada na direção z

$xt2 = x0$; $yt2 = y0$; $zt2 = z0$ # a posição da partícula 2 no instante qualquer

$vx2 = v0x$; $vy2 = v0y$; $vz2 = v0z$ # componentes da velocidade 2 atualizada no tempo

$ax2 = -w2 * c2$ # aceleração da partícula 2 atualizada na direção x

$az2 = w2 * c1$ # aceleração da partícula 2 atualizada na direção z

$t = 0.0$ # variável que representa o tempo

$dt = 0.05$ # incremento do tempo

OBJETOS QUE DEFINEM A ANIMAÇÃO

$raio1 = 16 * abs(qdm1)$ # parâmetro cujo valor será atribuído ao raio (tamanho) da partícula 1

$raio2 = 16 * abs(qdm2)$ # parâmetro cujo valor será atribuído ao raio (tamanho) da partícula 2

##points(pos = vector(x0, y0, z0), radius = 10.0, color = color.blue) # ponto no centro da trajetória circular no instante $t = 0$


```
dx = 2 * sqrt(c1 * c1 + c2 * c2) / abs(w1) # as partículas equidistantes da
origem de uma distância dx na direção x
```

```
dy = 0.0
```

```
if (c1 == 0.0 and c2 == 0.0):
```

```
    dy = raio1 + raio2
```

```
carga1 = sphere (pos = vector( x0 + c2 / w1 - dx, y0 + dy, z0 - c1 / w1 ),
radius = raio1, make_trail = True, trail_radius = 0.3, trail_type = "points",
interval = 20, trail_color = color.green, color = color.white,
opacity = 0.6) # a partícula 1 com carga elétrica
```

```
carga2 = sphere (pos = vector( x0 + c2 / w2 + dx, y0 - dy, z0 - c1 / w2 ),
radius = raio2, make_trail = True, trail_radius = 0.3, trail_type = "points",
interval = 20, trail_color = color.yellow, color = color.white,
opacity = 0.6) # a partícula 2 com carga elétrica
```

```
cpos1 = box(pos = vector( x0 + c2 / w1 - dx, y0 + dy, z0 - c1 / w1 ), axis =
vector(1.5 * carga1.radius, 0.0, 0.0),
width = carga1.radius / 3, color = color.green) # define o sinal
da carga positiva
```

```
cpos2 = box(pos = vector( x0 + c2 / w1 - dx, y0 + dy, z0 - c1 / w1 ), axis =
vector(0.0, 1.5 * carga1.radius, 0.0),
width = carga1.radius / 3, color = color.green) # define o sinal
da carga positiva
```

```
cneg = box(pos = vector( x0 + c2 / w2 + dx, y0 - dy, z0 - c1 / w2 ), axis =
```

```
vector(1.5 * carga2.radius, 0.0, 0.0),
      width = carga2.radius / 3, color = color.yellow) # define o sinal da
carga negativa
```

```
##cola = compound([cpos1, cpos2]) # fixa/cola todos os elementos
considerados
```

```
fator = 2 # parâmetro que amplia a visualização dos vetores velocidades
```

```
fatorf = 20 # parâmetro que amplia a visualização dos vetores aceleração
```

```
veloc1 = arrow(pos = carga1.pos, axis = vector(fator * v0x, fator * v0y,
fator * v0z), color = color.magenta, shaftwidth = 0.3)
```

```
veloc2 = arrow(pos = carga2.pos, axis = vector(fator * v0x, fator * v0y,
fator * v0z), color = color.magenta, shaftwidth = 0.3)
```

```
acb1 = arrow(pos = carga1.pos, axis = vector(-fatorf * qdm1 * b0 * vz1,
0.0, fatorf * qdm1 * b0 * vx1), color = color.orange, shaftwidth = 0.3)
```

```
ace1 = arrow(pos = carga1.pos, axis = vector(fatorf * qdm1 * e0x, fatorf
* qdm1 * e0y, fatorf * qdm1 * e0z), color = color.cyan, shaftwidth = 0.3)
```

```
acb2 = arrow(pos = carga2.pos, axis = vector(-fatorf * qdm2 * b0 * vz2,
0.0, fatorf * qdm2 * b0 * vx2), color = color.orange, shaftwidth = 0.3)
```

```
ace2 = arrow(pos = carga2.pos, axis = vector(fatorf * qdm2 * e0x, fatorf
* qdm2 * e0y, fatorf * qdm2 * e0z), color = color.cyan, shaftwidth = 0.3)
```

```
# acr1 = arrow(pos = carga1.pos, axis = vector(fatorf * ax1, fatorf * ay1,
```

```
fatorf * az1), color = color.red, shaftwidth = 0.3)
```

```
#####  
#####
```

```
##### DEFININDO OS EIXOS E OS VETORES  
CAMPOS ELÉTRICO E MAGNÉTICO #####
```

```
coox = 2.0; cooy = 0.0; cooz = 2.0; fiv = 5.0
```

```
vetor_cil(0.0, 0.0, 0.0, 3.0, 0.0, 0.0, color.white) # eixo x
```

```
text(pos = vector(fiv, 0.0, 0.0), text = 'x', align = 'center', color =  
color.white)
```

```
vetor_cil(0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 3.0, 0.0, color.white) # eixo y
```

```
text(pos = vector(0.0, fiv, 0.0), text = 'y', align = 'center', color =  
color.white)
```

```
vetor_cil(0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 3.0, color.white) # eixo z
```

```
text(pos = vector(0.0, 0.0, fiv), text = 'z', align = 'center', color =  
color.white)
```

```
zo = 6 # amplia ou reduz a visualização dos vetores campos elétrico e  
magnético
```

```
dis = 0.7
```

```

if (e0x != 0.0 or e0z != 0.0):

    dis = 0.0

if (b0 != 0.0):

    vetor_cil(-dis + coox, 0.0, cooz, 0.0, zo * b0, 0.0, color.orange)    #
vetor campo magnético

    cm = text(pos = vector(-dis + coox, zo * b0 + 2.0, cooz), text = 'B',
align = 'center', color = color.orange)

    cm.height = abs(cm.pos.y) / zo; cm.length = cm.height / 1.3; cm.depth
= cm.height / 5

if (sqrt(e0x * e0x + e0y * e0y + e0z * e0z) != 0.0):

    vetor_cil(dis + coox, 0.0, cooz, zo * e0x, zo * e0y, zo * e0z, color.cyan)
# vetor campo elétrico

    ce = text(pos = vector(zo * e0x + 4.0, zo * e0y, zo * e0z + 4.0), axis =
vector(1.0, 0.0, 1.0), text = 'E', align = 'center', color = color.cyan)

    ce.height = cm.height; ce.length = cm.length; ce.depth = cm.depth

##### VARIÁVEIS (GRANDEZAS) DO PROBLEMA QUE
SERÃO ATUALIZADAS NO TEMPO #####

while (t <= 2 * per): # estrutura de repetição condicionada, responsável
na atualização dos valores das grandezas físicas que mudam no tempo

```

rate(20)

t = t + dt # incrementando o tempo t

EQUAÇÕES DA
PARTÍCULA 1 #####

$$x_{t1} = x_0 - dx + (1/w_1) * c_1 * \sin(w_1 * t) + (1/w_1) * c_2 * \cos(w_1 * t) - (e_{0z}/b_0) * t$$

$$v_{x1} = c_1 * \cos(w_1 * t) - c_2 * \sin(w_1 * t) - e_{0z}/b_0$$

$$a_{x1} = -w_1 * c_1 * \sin(w_1 * t) - w_1 * c_2 * \cos(w_1 * t)$$

$$y_{t1} = y_0 + dy + v_{0y} * t + a_{y1} * t * t / 2.0$$

$$v_{y1} = v_{0y} + a_{y1} * t$$

$$z_{t1} = z_0 + (1/w_1) * c_2 * \sin(w_1 * t) - (1/w_1) * c_1 * \cos(w_1 * t) + (e_{0x}/b_0) * t$$

$$v_{z1} = c_2 * \cos(w_1 * t) + c_1 * \sin(w_1 * t) + e_{0x}/b_0$$

$$a_{z1} = -w_1 * c_2 * \sin(w_1 * t) + w_1 * c_1 * \cos(w_1 * t)$$

EQUAÇÕES DA
PARTÍCULA 2 #####

$$x_{t2} = x_0 + dx + (1/w_2) * c_1 * \sin(w_2 * t) + (1/w_2) * c_2 * \cos(w_2 * t)$$

$$w2 * t) - (e0z / b0) * t$$

$$vx2 = c1 * \cos (w2 * t) - c2 * \sin (w2 * t) - e0z / b0$$

$$ax2 = - w2 * c1 * \sin (w2 * t) - w2 * c2 * \cos(w2 * t)$$

$$yt2 = y0 - dy + v0y * t + ay2 * t * t / 2.0$$

$$vy2 = v0y + ay2 * t$$

$$zt2 = z0 + (1 / w2) * c2 * \sin(w2 * t) - (1 / w2) * c1 * \cos (w2 * t) \\ + (e0x / b0) * t$$

$$vz2 = c2 * \cos (w2 * t) + c1 * \sin(w2 * t) + e0x / b0$$

$$az2 = - w2 * c2 * \sin (w2 * t) + w2 * c1 * \cos (w2 * t)$$

ATUALIZANDO A POSIÇÃO
DAS PARTÍCULAS #####

$$\text{carga1.pos} = \text{vector}(xt1, yt1, zt1)$$

$$\text{carga2.pos} = \text{vector}(xt2, yt2, zt2)$$

$$\text{cpos1.pos} = \text{vector}(xt1, yt1, zt1)$$

$$\text{cpos2.pos} = \text{vector}(xt1, yt1, zt1)$$

$$\# \text{ cola.pos} = \text{vector}(xt1, yt1, zt1)$$

$\text{cneg.pos} = \text{vector}(\text{xt2}, \text{yt2}, \text{zt2})$

$\text{veloc1.pos} = \text{carga1.pos}$

$\text{veloc1.axis} = \text{vector}(\text{fator} * \text{vx1}, \text{fator} * \text{vy1}, \text{fator} * \text{vz1})$

$\text{acb1.pos} = \text{carga1.pos}$

$\text{acb1.axis} = \text{vector}(-\text{fatorf} * \text{qdm1} * \text{b0} * \text{vz1}, 0.0, \text{fatorf} * \text{qdm1} * \text{b0} * \text{vx1})$

$\text{ace1.pos} = \text{carga1.pos}$

$\text{ace1.axis} = \text{vector}(\text{fatorf} * \text{qdm1} * \text{e0x}, \text{fatorf} * \text{qdm1} * \text{e0y}, \text{fatorf} * \text{qdm1} * \text{e0z})$

$\text{veloc2.pos} = \text{carga2.pos}$

$\text{veloc2.axis} = \text{vector}(\text{fator} * \text{vx2}, \text{fator} * \text{vy2}, \text{fator} * \text{vz2})$

$\text{acb2.pos} = \text{carga2.pos}$

$\text{acb2.axis} = \text{vector}(-\text{fatorf} * \text{qdm2} * \text{b0} * \text{vz2}, 0.0, \text{fatorf} * \text{qdm2} * \text{b0} * \text{vx2})$

$\text{ace2.pos} = \text{carga2.pos}$

$\text{ace2.axis} = \text{vector}(\text{fatorf} * \text{qdm2} * \text{e0x}, \text{fatorf} * \text{qdm2} * \text{e0y}, \text{fatorf} * \text{qdm2} * \text{e0z})$

```
##  acr1.pos = carga1.pos  
##  
##  acr1.axis = vector( fatorf * ax1, fatorf * ay1, fatorf * az1 )
```