

# ATIVIDADES PRÁTICAS SUPERVISIONADAS

## Engenharia Civil

3ª Série  
Física II

A atividade prática supervisionada (ATPS) é um Procedimento metodológico de ensino-aprendizagem desenvolvido por meio de um conjunto de atividades programadas e supervisionadas e que tem por objetivos:

- ✓ Favorecer a aprendizagem.
- ✓ Estimular a corresponsabilidade do aluno pelo aprendizado eficiente e eficaz.
- ✓ Promover o estudo, a convivência e o trabalho em grupo.
- ✓ Desenvolver os estudos independentes, sistemáticos e o autoaprendizado.
- ✓ Oferecer diferentes ambientes de aprendizagem.
- ✓ Auxiliar no desenvolvimento das competências requeridas pelas Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação.
- ✓ Promover a aplicação da teoria e conceitos para a solução de problemas práticos relativos à profissão.
- ✓ Direcionar o estudante para a busca do raciocínio crítico e a emancipação intelectual.

Para atingir esses objetivos, as atividades foram organizadas na forma de um desafio, que será solucionado por etapas ao longo do semestre letivo.

Participar ativamente desse desafio é essencial para o desenvolvimento das competências e habilidades requeridas na sua atuação no mercado de trabalho.

Aproveite essa oportunidade de estudar e aprender com desafios da vida profissional.

**AUTORIA:**

Adriana Delgado  
Faculdade Anhanguera de Sorocaba

## COMPETÊNCIAS E HABILIDADES

Ao concluir as etapas propostas neste desafio, você terá desenvolvido as competências e habilidades que constam nas Diretrizes Curriculares Nacionais descritas a seguir.

- ✓ Aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à Engenharia.
- ✓ Comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica.
- ✓ Avaliar o impacto das atividades da Engenharia no contexto social e ambiental.
- ✓ Atuar em equipes multidisciplinares.

### Produção Acadêmica

- Trabalhos parciais, com os resultados das pesquisas realizadas em cada etapa.

### Participação

Para a elaboração dessa atividade, os alunos deverão previamente organizar-se em equipes de 3 a 5 participantes e entregar seus nomes, RAs e e-mails ao professor da disciplina. Essas equipes serão mantidas durante todas as etapas.

### Padronização

O material escrito solicitado nessa atividade deve ser produzido de acordo com as normas da ABNT<sup>1</sup>, com o seguinte padrão:

- em papel branco, formato A4;
- com margens esquerda e superior de 3cm, direita e inferior de 2cm;
- fonte *Times New Roman* tamanho 12, cor preta;
- espaçamento de 1,5 entre linhas;
- se houver citações com mais de três linhas, devem ser em fonte tamanho 10, com um recuo de 4cm da margem esquerda e espaçamento simples entre linhas;
- com capa, contendo:
  - nome de sua Unidade de Ensino, Curso e Disciplina;
  - nome e RA de cada participante;
  - título da atividade;
  - nome do professor da disciplina;
  - cidade e data da entrega, apresentação ou publicação.

## DESAFIO

O Grande Colisor de Hádrons (em inglês: Large Hadron Collider - LHC) do CERN (Organização Européia para Pesquisa Nuclear), é o maior acelerador de partículas e o de maior a nossa compreensão, desde o minúsculo mundo existente dentro átomos até a vastidão do Universo.

Durante os experimentos no LHC, dois feixes partículas viajam em direções opostas dentro de um anel acelerador circular, ganhando energia a cada volta. Quando esses feixes

---

<sup>1</sup> Consultar o Manual para Elaboração de Trabalhos Acadêmicos. Unianhanguera. Disponível em: <[http://www.unianhanguera.edu.br/anhanguera/bibliotecas/normas\\_bibliograficas/index.html](http://www.unianhanguera.edu.br/anhanguera/bibliotecas/normas_bibliograficas/index.html)>.

de altíssimos detectores procuram responder às questões fundamentais sobre as leis da natureza.

O anel acelerador localiza-se em um túnel de 27 km de comprimento, situado a mais de 100 metros de profundidade. Ele é composto por ímãs supercondutores e uma série de estruturas. Traduzido e Adaptado de <http://public.web.cern.ch/public/en/lhc/lhc-en.html> (Acesso em 11 de dezembro de 2010).

Com dimensões gigantescas e temperaturas extremas, operar o LHC é um desafio para físicos e engenheiros. Para que os as partículas circulem através do anel, obtendo a energia desejada, Além disso, o LHC acelera as partículas do feixe a velocidades extremamente altas, que podem chegar a 99,99% da velocidade da luz. Sob tais velocidades, o sistema LHC deve ser estudado boa aproximação até um certo limite de velocidades do feixe de partículas.



Figura 1: Posição geográfica do Detector ATLAS no LHC.

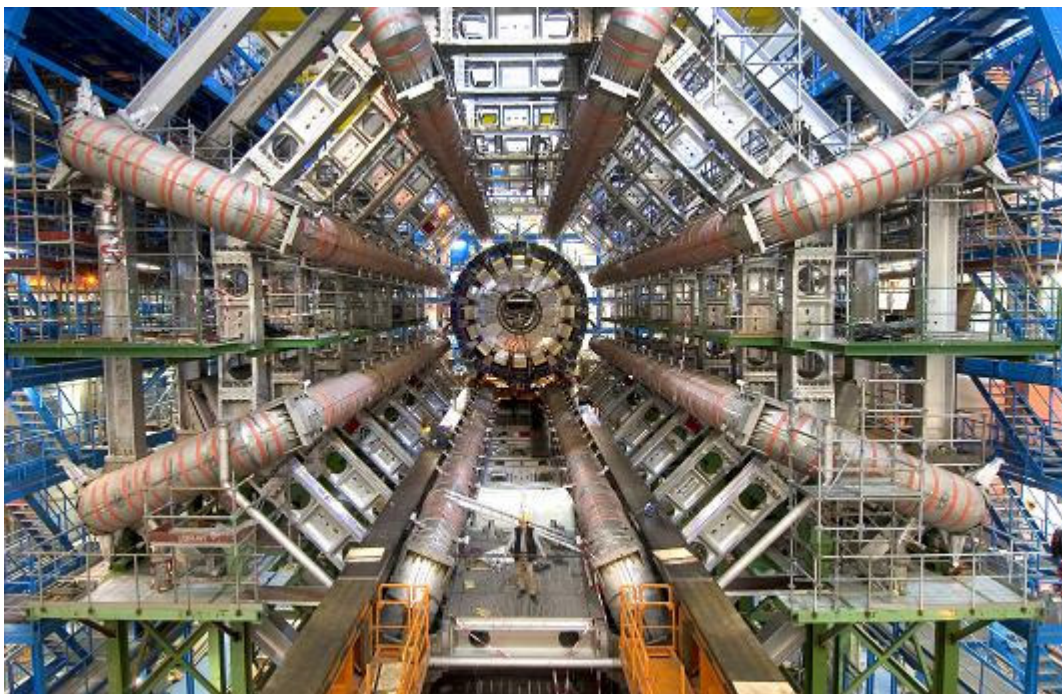


Figura 2: Detector ATLAS no LHC. Observe a dimensão do cientista comparada à dimensão.

## Objetivo do desafio

O desafio será aplicar os conhecimentos de Física para estudar o movimento de alguns feixes de partículas do acelerador LHC, do laboratório CERN, próximo a Genebra, no qual o sucesso do experimento depende dos cálculos teóricos previamente efetuados.

## ETAPA 1 (tempo para realização: 5 horas)

---

### ✓ Aula-tema: Leis de Newton.

Essa etapa é importante para aprender a aplicar a segunda lei de Newton em casos reais em que a força resultante não é apenas mecânica, como um puxão ou empurrão, um corpo. No caso do acelerador LHC, os prótons no seu interior estão sujeitos a uma força elétrica.

Para realizá-la, devem ser seguidos os passos descritos.

## PASSOS

### Passo 1 (Equipe)

Supor um próton que voa no interior do anel do LHC, numa região que o anel pode ser aproximado por um tubo retilíneo, conforme o esquema da figura 3. Supondo ainda que nessa região, o único desvio da trajetória se deve à força gravitacional  $F_g$  e que esse desvio é corrigido (ou equilibrado) a cada instante por uma força magnética  $F_m$  aplicada ao próton. Nessas condições, desenhar no esquema o diagrama das forças que atuam sobre o próton.



Figura 3: Próton voando no interior do tubo do LHC.

### Passo 2 (Equipe)

Supondo que seja aplicada uma força elétrica  $F_e = 1,00 \text{ N}$  sobre o feixe de prótons. Sabe-se que em média o feixe possui um número total  $n = 1 \times 10^{15}$  prótons. Se essa força elétrica é responsável por acelerar todos os prótons, qual é a aceleração que cada próton adquire, sabendo-se que sua massa é  $m_p = 1,67 \times 10^{-24} \text{ g}$ .

Atenção: Desprezar a força gravitacional e a força magnética.

### Passo 3 (Equipe)

Se ao invés de prótons, fossem acelerados núcleos de chumbo, que possuem uma massa 207 vezes maior que a massa dos prótons. Determinar qual seria a força elétrica  $F_e$  necessária, para que os núcleos adquirissem o mesmo valor de aceleração dos prótons.

#### Passo 4 (Equipe)

Considerar agora toda a circunferência do acelerador, conforme o esquema da figura 4. Assumindo que a força magnética  $F_m$  é a única que atua como força centrípeta e garante que os prótons permaneçam em trajetória circular, determinar qual o valor da velocidade de cada próton em um instante que a força magnética sobre todos os prótons é  $F_m = 5,00 \text{ N}$ . Determinar a que fração da velocidade da luz ( $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$ ) corresponde esse valor de velocidade.

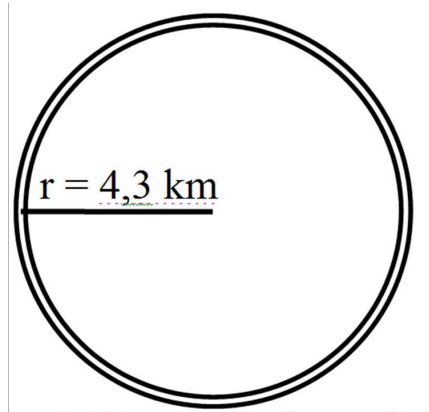


Figura 4: Diagrama do anel do LHC

Elaborar um texto, contendo os 4 passos, este deverá ser escrito obedecendo às regras de formatação descritas no item padronização e entregar ao professor responsável em uma data previamente definida.

### ETAPA 2 (tempo para realização: 5 horas)

#### ✓ Aula-tema: Forças Especiais.

Essa etapa é importante para perceber como a variação na força resultante sobre um sistema pode alterar as condições do movimento desse sistema.

Para realizá-la, devem ser seguidos os passos descritos.

### PASSOS

#### Passo 1 (Equipe)

Ler as seguintes considerações para este e os próximos passos:

Sabe-se que no interior do tubo acelerador é feito vácuo, ou seja, retira-se quase todo o ar existente no tubo. Isso é feito para impedir que as partículas do feixe se choquem com as partículas. Supor um cientista que se esqueceu de fazer vácuo no tubo acelerador. Ele observa que os prótons acelerados a partir do repouso demoraram  $20 \mu\text{s}$  para atravessar uma distância de 1 cm.

Determinar qual é a força de atrito  $F_A$  total que o ar que o cientista deixou no tubo aplica sobre os prótons do feixe, sabendo que a força elétrica  $F_e$  (sobre todos os  $1 \times 10^{15}$  prótons) continua.

**Passo 2 (Equipe)**

Quando percebe o erro, o cientista liga as bombas para fazer vácuo. Com isso ele consegue garantir que a força de atrito  $F_A$  seja reduzida para um terço do valor inicial. Nesse caso, qual é a força de atrito? Determinar qual é a leitura de aceleração que o cientista vê em seu equipamento de medição.

**Passo 3 (Equipe)**

Para compensar seu erro, o cientista aumenta o valor da força elétrica  $F_e$  aplicada sobre os prótons, garantindo que eles tenham um valor de aceleração igual ao caso sem atrito (passo 2 da ETAPA 2). Sabendo que ele ainda está na condição em que a força de atrito  $F_A$  vale um terço do atrito inicial, determinar qual é a força elétrica  $F_e$  que o cientista precisou aplicar aos prótons do feixe.

**Passo 4 (Equipe)**

Adotando o valor encontrado no passo 3, determinar qual é a razão entre a força  $F_e$  imposta pelo cientista aos prótons do feixe e a força gravitacional  $F_g$ , imposta pelo campo gravitacional.

Elaborar um texto, contendo os 4 passos, este deverá ser escrito, obedecendo às regras de formatação descritas no item padronização e entregar ao professor responsável em uma data previamente definida.

**ETAPA 3 (tempo para realização: 5 horas)**

---

**✓ Aula-tema: Trabalho e Energia.**

Essa etapa é importante para aprender a calcular a energia de um sistema de partículas e a aplicar o teorema do trabalho e energia cinética a esse sistema, além da aplicação de um modelo.

Para realizá-la, devem ser seguidos os passos descritos.

**PASSOS****Passo 1 (Equipe)**

Determinar (usando a equação clássica  $E_c = 0,5mv^2$ ) quais são os valores de energia cinética  $E_c$  de cada próton de um feixe acelerado no LHC, na situação em que os prótons viajam às velocidades:  $v_1 = 6,00 \times 10^7$  m/s (20% da velocidade da luz),  $v_2 = 1,50 \times 10^8$  m/s (50% da velocidade da luz) ou  $v_3 = 2,97 \times 10^8$  m/s (99% da velocidade da luz).

**Passo 2 (Equipe)**

Sabendo que para os valores de velocidade do Passo 1, o cálculo relativístico da energia cinética nos dá:  $E_{c1} = 3,10 \times 10^{-12}$  J,  $E_{c2} = 2,32 \times 10^{-11}$  J e  $E_{c3} = 9,14 \times 10^{-10}$  J, respectivamente; determinar qual é o erro percentual da aproximação clássica no cálculo da energia cinética em cada um dos três casos. O que se pode concluir?

$$\text{Erro (\%)} = \frac{|E_c^{\text{Clássica}} - E_c^{\text{Relativística}}|}{E_c^{\text{Relativística}}} \times 100$$

### Passo 3 (Equipe)

Considerando uma força elétrica  $F_e = 1,00 \text{ N}$  (sobre os  $1 \times 10^{15}$  prótons do feixe), determinar qual é o trabalho realizado por essa força sobre cada próton do feixe, durante uma volta no anel acelerador, que possui 27 km de comprimento.

### Passo 4 (Equipe)

Determinar qual é o trabalho  $W$  realizado pela força elétrica aceleradora  $F_e$ , para acelerar cada um dos prótons desde uma velocidade igual a 20% da velocidade da luz até 50% da velocidade da luz, considerando os valores clássicos de energia cinética, calculados no Passo 1. Determinar também qual é a potência média total  $P$  dos geradores da força elétrica (sobre todos os prótons), se o sistema de geração leva  $5 \mu\text{s}$  para acelerar o feixe de prótons de 20% a 50% da velocidade da luz.

Elaborar um texto, contendo os 4 passos, este deverá ser escrito obedecendo às regras de formatação descritas no item padronização e entregar ao professor responsável em uma data previamente definida.

## ETAPA 4 (tempo para realização: 5 horas)

### ✓ Aula-tema: Conservação do Momento Linear.

Essa etapa é importante para aprender a determinar o centro de massa de um sistema de partículas. Usar também os princípios de conservação da energia que ocorre a colisão entre os dois feixes acelerados, uma série de fenômenos físicos altamente energéticos é desencadeada.

Para realizá-la, devem ser seguidos os passos descritos.

## PASSOS

### Passo 1 (Equipe)

Nesse e nos próximos passos, iremos trabalhar na condição em que os feixes possuem velocidades de até 20% da velocidade da luz, para que possamos aplicar os cálculos clássicos de momento. Determinar a posição do centro de massa do sistema composto por um feixe de prótons (P) que irá colidir com um feixe de núcleos de chumbo (Pb), no interior do detector ATLAS, supondo que ambos os feixes se encontram concentrados nas extremidades opostas de entrada no detector, com uma separação de 46 m entre eles. O feixe de prótons possui  $1 \times 10^{15}$  prótons, enquanto o de chumbo possui  $3 \times 10^{13}$  núcleos. Lembrar-se de que a massa de cada núcleo de chumbo vale 207 vezes a massa de um próton.

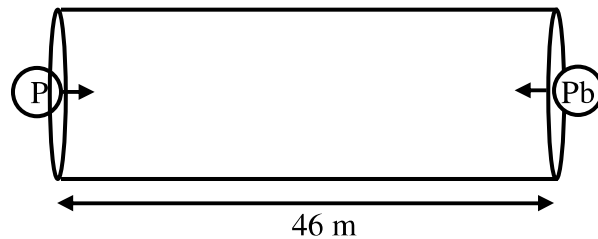


Figura 5: Colisão entre um próton (P) e um núcleo de chumbo (Pb) que viajam em sentidos opostos no interior do detector ATLAS, no LHC.

### Passo 2 (Equipe)

Calcular o vetor momento linear total  $p$  de cada feixe, sendo as velocidades escalares  $v_P = 6,00 \times 10^7$  m/s e  $v_{Pb} = 5,00 \times 10^7$  m/s e em seguida calcular o valor do momento linear total  $P$  do sistema de partículas.

### Passo 3 (Equipe)

Considerar agora que cada próton colide elasticamente apenas com um núcleo de chumbo, sendo a velocidade de cada um deles dada no Passo 2. Nessa condição, um cientista observou que após uma dessas colisões o núcleo de chumbo se dividiu em 3 fragmentos, tendo o primeiro massa 107 vezes maior que a massa do próton e os outros dois massas iguais, de valor 50 vezes maior que a massa do próton. Os dois fragmentos menores foram observados em regiões diametralmente opostas no interior do detector ATLAS, cada um em uma direção, formando um ângulo de 30 graus com a direção da reta de colisão, conforme esquematizado na figura 6. Nessas condições, determinar quais são os módulos das velocidades do próton, do fragmento maior e dos fragmentos menores de chumbo após a colisão, sabendo que o módulo da velocidade dos fragmentos menores é igual ao dobro do módulo da velocidade do fragmento maior.

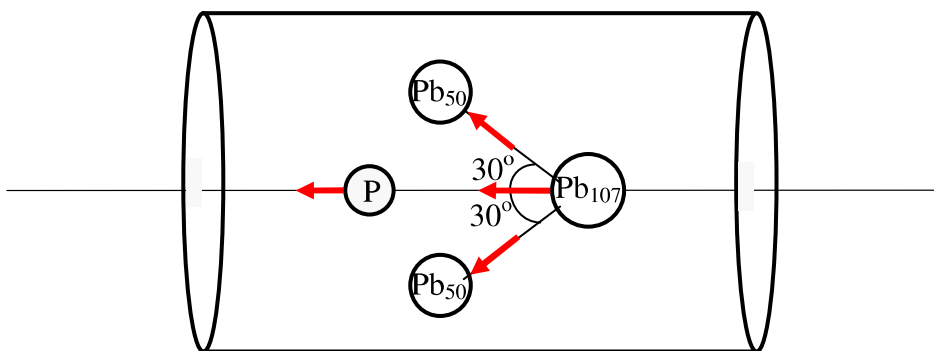


Figura 6: Fragmentos atômicos gerados após a colisão entre um próton (P) e um núcleo de chumbo (Pb) no interior do detector ATLAS, no LHC. As setas em vermelho indicam a direção e o sentido dos vetores velocidade de cada um dos fragmentos após a colisão.

### Passo 4 (Equipe)

Sabendo que a detecção dos fragmentos é realizada no momento em que cada um deles atravessa as paredes do detector e considerando a colisão descrita no Passo 3, determinar qual é o impulso transferido à parede do detector ATLAS pelo próton  $J_P$  e pelo fragmento maior de chumbo  $J_{Pb107}$ , após a colisão. Considerar que após atravessar a parede a velocidade do próton  $P$  se tornou 10 vezes menor que a calculada no Passo 3, enquanto a velocidade final do fragmento de chumbo  $Pb107$  (após atravessar a parede do detector) se tornou 50



vezes menor que a calculado no Passo 3.

Elaborar um texto, contendo os 4 passos, este deverá ser escrito, obedecendo às regras de formatação descritas no item padronização e entregar ao professor responsável em uma data previamente definida.

### **Livro-texto da disciplina:**

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert. **Física I**. 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 2007.