



Orientações Gerais para laboratórios

1) Seu computador deve estar logado no simulador:

- <http://www.i2u2.org/elab/cms/event-display/>

2) A planilha dos eventos a ser analisado deve estar aberta no site:

(Será apresentado no dia do evento)

- Utilizar a planilha _____.

Sua equipe deve analisar os eventos (de _____).

3) Site principal (ler com atenção a aba 'Medidas de WZH'):

- <http://cms.physicsmasterclasses.org/cmspt.html>

- Você está recebendo uma cópia da aba 'Medidas de WZH'.

CMS Masterclass - Medidas de WZH

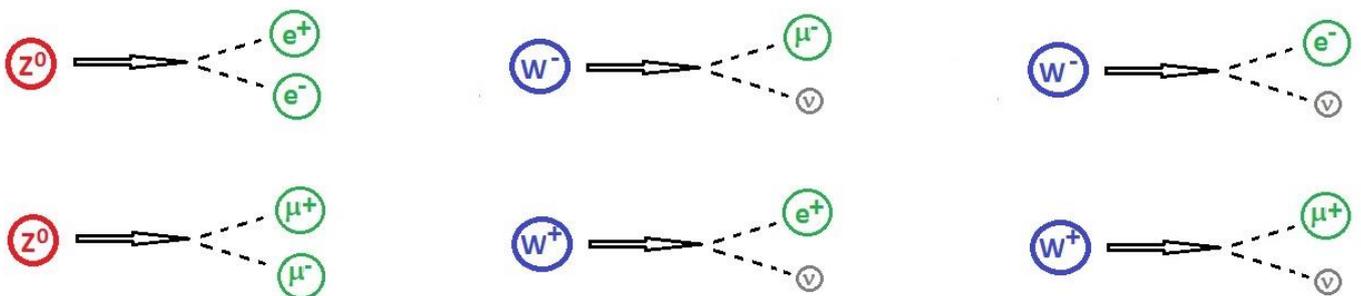
Vamos estudar eventos com múltiplas assinaturas:

- determine qual é o melhor candidato a W , Z e bóson de Higgs
- separe os candidatos a W^+ dos candidatos a W^- ,
- separe os decaimentos em elétrons dos decaimentos em múons,
- determine a razão entre eles,
- e construa o histograma com a distribuição de massa para os candidatos a Z e ao bóson de Higgs.

Conceitos Básicos

Quando um bóson W ou Z decai, produz duas partículas chamadas *léptons*. Elétrons, múons e neutrinos são todos léptons, bem como suas antipartículas.

Visto que o bóson Z tem carga elétrica 0, ele pode decair em dois léptons com cargas opostas (por exemplo, $e^+ e^-$). Os bósons W possuem carga +1 ou -1, por isso o bóson W decai em apenas um elétron ou um múon e mais seus respectivos neutrinos, que não tem carga. Essa história é bem mais profunda... mas, neste momento, isso é suficiente.



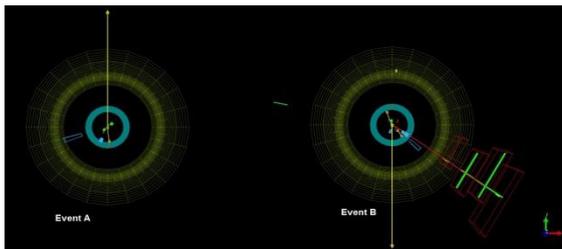
O bóson de Higgs tem vários modos de decaimento. Os dois que veremos são:

- bóson de Higgs decaindo em dois bósons Z^0 .
- bóson de Higgs decaindo em dois fótons.

Existem poucos eventos com esses decaimentos nos nossos dados.

Eventos candidatos ao bóson W

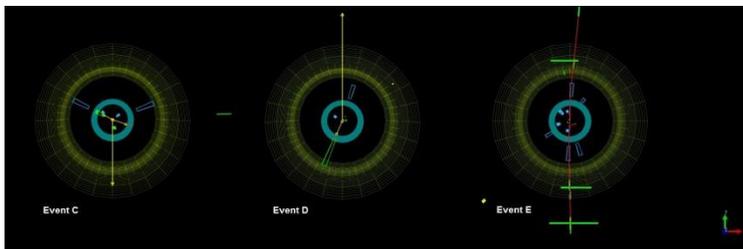
Quando um W^+ ou W^- é produzido em uma colisão próton-próton dentro do CMS, o W decai imediatamente. Os dois léptons (elétron ou múon mais o neutrino) partem do ponto de decaimento a partir da linha do feixe em direção ao próprio detector. Elétrons e múons são revelados como traços no detector interno. Eles curvam no campo magnético forte no CMS: sentido horário para carga positiva ou sentido anti-horário para negativa, quando vistos no plano x-y (x-y view) na tela do evento. Neutrinos não são detectados; entretanto, o momento não medido no sistema é mostrado como uma seta amarela e geralmente atribuído ao neutrino.



Escolha a imagem da esquerda para ter uma visão ampla e ser capaz de uma inspeção mais rigorosa. Você pode localizar o vetor do momento não medido (missing momentum) em cada um desses eventos? Olhe atentamente para a curvatura do “outro” traço em cada evento. O que é mais provável, o decaimento de um W^+ ? ou de um W^- ? O pequeno traço amarelo no evento A indica um elétron. O longo traço vermelho no evento B que penetra até as caixas vermelhas indica um múon.

Eventos candidatos ao bóson Z

Quando um bóson Z é produzido no CMS, ele também decai imediatamente. Aqui, os dois léptons são ou um par de múons ($\mu^-\mu^+$) ou um par de elétrons (e^-e^+). Não há produção de neutrinos, então não há nenhuma medida do momento perdida. Na prática, há muita coisa acontecendo em um evento e o detector pode perder alguma coisa, desse modo alguma medida do momento pode ser perdida, gerando um “missing momentum” no evento.



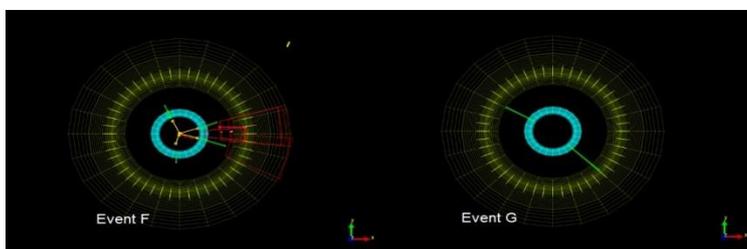
Não há produção de neutrinos, então não há nenhuma medida do momento é perdida. Na prática, há muita coisa acontecendo em um evento e o detector pode perder alguma coisa, desse modo alguma medida do momento pode ser perdida, gerando um “missing momentum” no evento.

Eventos candidatos a bóson de Higgs

Existem vários modos de decaimento do bóson de Higgs. Nós vamos nos concentrar em dois casos:

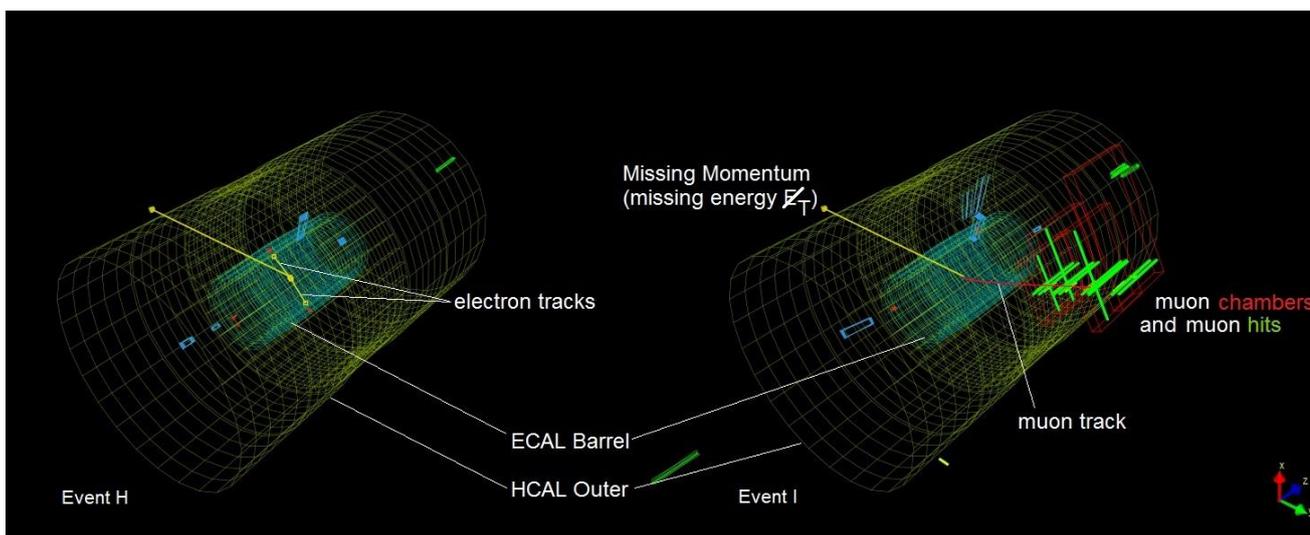
- O bóson de Higgs decai em dois bósons Z . As partículas Z decaem em léptons, como já falamos acima, então teremos 4 traços: 2 pares de múons ($2 \times \mu^-\mu^+$), 2 pares de elétrons ($2 \times e^-e^+$), ou um par de múons e um par de elétrons ($\mu^-\mu^+e^-e^+$).
- O bóson de Higgs decai em dois fótons. Fótons não tem carga elétrica, portanto não são

vistos nos detectores de traços (tracker). Eles depositam toda sua energia no calorímetro eletromagnético ECal.



Escolha a imagem à esquerda a fim de obter uma visão ampliada, que permite inspecionar a figura bem de perto. Os dois eventos são candidatos a Higgs. Um deles mostra dois fótons (duas torres de energia do ECal, em verde, sem traços ligados a elas). O outro mostra um possível decaimento do Higgs em dois bósons Z (neste caso, cada Z decaiu em dois elétrons, na verdade no par elétron-pósitron, imediatamente após ser produzido). Qual evento é qual, na sua opinião?

Elementos dos Eventos no iSpy-online



Para cada evento, a linha do feixe é ao longo do eixo comum à estrutura cilíndrica onde está montado o ECAL, bem como à estrutura cilíndrica onde está montado o HCAL. Qual é o melhor candidato a W? Qual é o melhor candidato a Z? Em cada evento onde ocorre a colisão e onde ocorre o decaimento da partícula? [Aprenda mais sobre os eventos do CMS.](#)

Antes de iniciar suas atividades

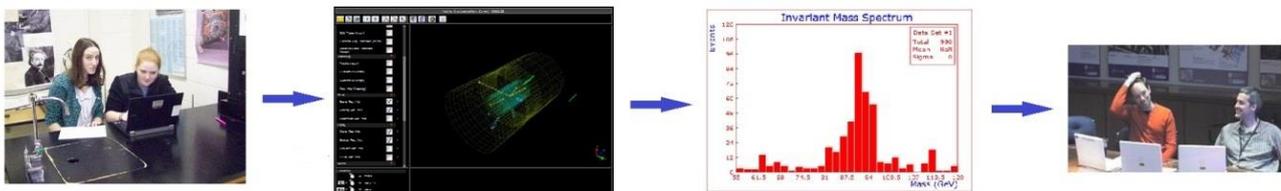
Se você não está familiarizado com o [iSpy Online](#), vá para a [introdução](#) ou pergunte ao seu mentor ou professor.

Analisar os eventos

Você terá os seguintes itens:

- Display de Eventos ([iSpy Online](#))
- Planilha (folha de dados)
- Seu parceiro

Você e seu parceiro examinarão o display de eventos, interpretarão os eventos, e usarão a spreadsheet para registrar suas observações. A planilha irá auxiliar na obtenção das razões entre os diferentes tipos de eventos observados e no cálculo das massas dos candidatos a bóson Z. Os valores obtidos para a massa serão combinados com todos os resultados dos institutos participantes do Masterclass e serão colocados em um gráfico (histograma). Seu mentor auxiliará todo o grupo a entender os resultados antes que sejam enviados aos moderadores da videoconferência.



Você e seu parceiro terão 100 eventos para examinar. Quando observar um evento, pergunte:

- São os traços de léptons observados múons ou elétrons?
- Isso é um candidato a W, um candidato a Z, ou um candidato a bóson de Higgs? Ou isto é um evento a ser classificado como “zoo”?
- Se é provavelmente um W, é um W+ ou um W-?
- Se é provavelmente um Z ou um bóson de Higgs, qual é sua massa invariante em GeV (veja o valor na planilha)?

Existem locais específicos na planilha para se registrar todas essas informações.

Resultados

Seu mentor irá lhe ajudar a combinar seus resultados com todos os estudantes (até 3000 eventos) para obter os seguintes parâmetros para o Masterclass como um todo:

- a razão W/Z (não é tão fácil como parece).
- a razão W+/W-.
- a razão e/μ.
- a massa do Z, e de outras partículas com decaimentos similares, a partir de uma combinação estatística de todas as massas em um gráfico (histograma). Você consegue



encontrar um sinal do bóson de Higgs nesse gráfico?

Seu Instituto no CMS-Masterclass irá combinar os resultados obtidos com os outros institutos participantes em uma vídeo-conferência. As atividades da vídeo-conferência são:

- Cada Instituto do Masterclass irá apresentar *resumidamente* seus resultados.
- Os moderadores irão combinar os dados de todos os Institutos e mostrar o gráfico resultante com a distribuição de massa.
- A sessão Q&A – Perguntas e Respostas, na qual você poderá perguntar questões sobre qualquer coisa desde como o LHC funciona até o que um físico de partículas faz para se divertir.