

## Os bosões $Z^0$ , $W^+$ e $W^-$ no LHC

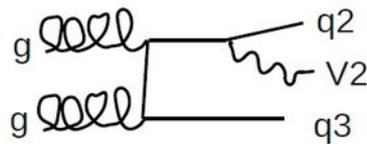
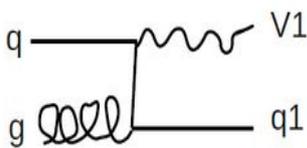
O Z e os Ws são os bosões portadores da interacção fraca. O LHC faz colidir protões contra protões, e portanto tem principalmente interacção forte. Mas, em alguns casos, são produzidos Zs e Ws, e a colaboração ATLAS disponibiliza dados pré-seleccionados, candidatos a terem um ou mais destes bosões.

Temos assim dois conjuntos de dados com colisões em que foram originados electrões ou muões que, como também não têm interacção forte, podem ser usados para os identificar. Vamos aqui estudá-los em paralelo ainda antes de olhar para os dados.

### 1. Como se produzem os bosões Z e W no LHC?

a) De que quarks é composto o protão? Pode a colisão entre eles originar um Z ou um W?

b) Mas um protão acelerado tem também muitos gluões prontos a interagir na colisão. A colisão pode ser entre um quark dum protão e um gluão do outro, ou entre gluões de cada protão. Completa os diagramas de Feynman desenhados abaixo, identificando os quarks e bosões possíveis.



b1) Se  $V1=Z$ , qual é a relação entre  $q$  e  $q1$ ?

b2) Se  $V2=Z$ , qual é a relação entre  $q2$  e  $q3$ ?

b3) E se  $V1$  e  $V2$  forem  $W^+$ ?

b4) E se  $V1$  e  $V2$  forem  $W^-$ ?

### 2. Como identificamos as partículas finais?

Os bosões Z e W têm massas muito altas e para os criar é necessária energia dos dois protões. Assim, a probabilidade de serem criadas no plano transversal à colisão aumenta. Os bosões têm vidas médias muito curtas e decaem imediatamente.

Para os encontrar procuramos quarks, ou electrões, muões e neutrinos, isolados e com momento transversal alto. Como identificamos cada uma destas partículas finais?

a) quarks

b) electrões

c) muões

d) neutrinos

### 3. Como identificamos os bosões Z, W?

A partir das energias e momentos dos leptões ou quarks identificados, podemos calcular a massa invariante do bosão que os originou:  $M^2 = E^2 - P^2$ .

a) Na prática usamos  $M^2 \sim 2.E_1E_2(1-\cos\theta_{12})$ , em que  $\theta_{12}$  é o ângulo entre as duas partículas finais, e desprezamos as suas massas. Tenta deduzir esta fórmula.

b) No LHC só se consegue estimar o momento transverso do neutrinos, por isso usa-se a “massa transversa do W”,  $m_W(T)$ . Mostra que, ao usar apenas os momentos e o ângulo entre as partículas no plano transverso, obtemos sempre um valor inferior ao da massa do bosão.

### 4. Como identificamos o bosão de Higgs?

A relação entre os valores da massa do Z e da massa do W é dada pela relação entre as intensidades da força fraca e da força electromagnética, através do mecanismo de Higgs. O bosão de Higgs interage/decai com as outras partículas de acordo com as suas massas (por exemplo interage pouco com os neutrinos e muito com os quarks-top).

O bosão de Higgs pode decair em pares de Zs e de Ws. Que procuraremos nos dados. O bosão de Higgs é também identificado no LHC através do decaimento num par de fótons.

a) Mas o bosão de Higgs não tem carga (por isso não se liga directamente ao fóton) e o fóton não tem massa (por isso não se liga directamente ao bosão de Higgs). Consegues desenhar os diagramas de Feynman que mais contribuem para este decaimento?