

Espalhamento Profundamente Inelástico elétron-próton no LHC.

Anelise Meneses

Orientador: Dimiter Hadjimichef

Co-orientador: Magno Machado

12 de maio de 2011

LHeC: DIS elétron-próton no LHC

Sumário

- O que é o LHeC?

LHeC: DIS elétron-próton no LHC

Sumário

- O que é o LHeC?
- O que motivou a criação do LHeC?

LHeC: DIS elétron-próton no LHC

Sumário

- O que é o LHeC?
- O que motivou a criação do LHeC?
- As diferenças básicas entre LHeC e HERA

LHeC: DIS elétron-próton no LHC

Sumário

- O que é o LHeC?
- O que motivou a criação do LHeC?
- As diferenças básicas entre LHeC e HERA
- Objetos de estudo do LHeC

LHeC: DIS elétron-próton no LHC

Sumário

- O que é o LHeC?
- O que motivou a criação do LHeC?
- As diferenças básicas entre LHeC e HERA
- Objetos de estudo do LHeC
 - ▶ Processo difrativo no LHeC;

LHeC: DIS elétron-próton no LHC

Sumário

- O que é o LHeC?
- O que motivou a criação do LHeC?
- As diferenças básicas entre LHeC e HERA
- Objetos de estudo do LHeC
 - ▶ Processo difrativo no LHeC;
 - ▶ Funções de estrutura para pequeno x ;

LHeC: DIS elétron-próton no LHC

Sumário

- O que é o LHeC?
- O que motivou a criação do LHeC?
- As diferenças básicas entre LHeC e HERA
- Objetos de estudo do LHeC
 - ▶ Processo difrativo no LHeC;
 - ▶ Funções de estrutura para pequeno x ;
 - ▶ Explorando a nova dinâmica;

LHeC: DIS elétron-próton no LHC

Sumário

- O que é o LHeC?
- O que motivou a criação do LHeC?
- As diferenças básicas entre LHeC e HERA
- Objetos de estudo do LHeC
 - ▶ Processo difrativo no LHeC;
 - ▶ Funções de estrutura para pequeno x ;
 - ▶ Explorando a nova dinâmica;
 - ▶ Física além do Modelo Padrão;

LHeC: DIS elétron-próton no LHC

Sumário

- O que é o LHeC?
- O que motivou a criação do LHeC?
- As diferenças básicas entre LHeC e HERA
- Objetos de estudo do LHeC
 - ▶ Processo difrativo no LHeC;
 - ▶ Funções de estrutura para pequeno x ;
 - ▶ Explorando a nova dinâmica;
 - ▶ Física além do Modelo Padrão;
- Conclusão

LHeC: DIS elétron-próton no LHC

Sumário

- O que é o LHeC?
- O que motivou a criação do LHeC?
- As diferenças básicas entre LHeC e HERA
- Objetos de estudo do LHeC
 - ▶ Processo difrativo no LHeC;
 - ▶ Funções de estrutura para pequeno x ;
 - ▶ Explorando a nova dinâmica;
 - ▶ Física além do Modelo Padrão;
- Conclusão

O que é o LHeC?

- Espalhamento lépton-nucleon no LHC;
- Colisões elétron-próton ou elétron-quark no LHC estão sendo examinadas desde a escola LEP-LHC de 1990;
- Tendo sido lançada em 2008 a escola LHeC (Workshop ECFA-CERN);
- Um grupo de pesquisadores do acelerador elaboram um relatório avaliador sobre o potencial deste novo experimento;
- Luminosidade de $10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$;
- Energia elétron/pósitron : 50 a 70GeV;
- Energia próton: 7TeV
- Momentun transferido Q^2 além de 10^6 GeV^2 e x inferior a 10^{-6} .

As diferenças básicas entre LHeC e HERA

- Colisão lépton-nucleon $\Rightarrow \sqrt{s} = 1.2 \text{ TeV}$ é 4 vezes maior que a atingida em HERA (318 GeV)
- Luminosidade é 2 ordens de magnitude maior (HERA = $5 \times 10^{31} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$);
- LHeC: elétron de até 70 GeV e prótons de 7 TeV;
- HERA: elétron de ~ 30 GeV e prótons de 820 GeV;
- LHeC: primeiro estudo preciso das interações lépton-quark na escala de TeV.

Os designs do LHeC

- Duas possibilidades estão sendo analisadas para o feixe de elétrons:
 - ▶ Primeira: o feixe circula em um túnel existente no LHC com energia de 70GeV, com $\sqrt{s} = 1.4 TeV$
 - ▶ Segunda: um acelerador linear de elétrons \Rightarrow luminosidade reduzida, mas $\sqrt{s} = 2 TeV$

O design do LHeC

Um tubo de feixe de elétrons no mesmo túnel do LHC tem a vantagem de alta luminosidade.



Figura: anel

O design do LHeC

Uma solução alternativa para o feixe de elétrons é um acelerador linear (Linac), com luminosidade um pouco reduzida e uma instalação que é desacoplada do anel do LHC.

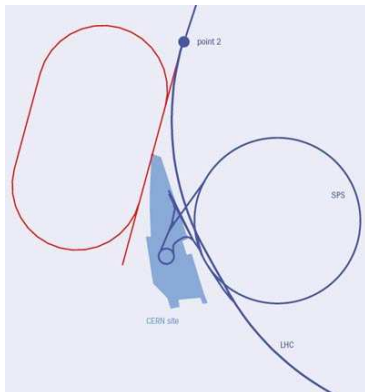
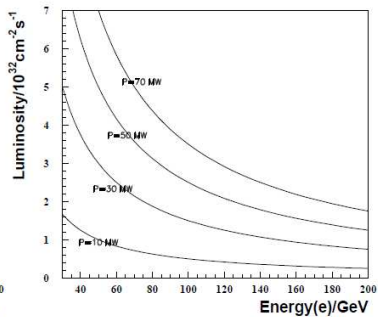
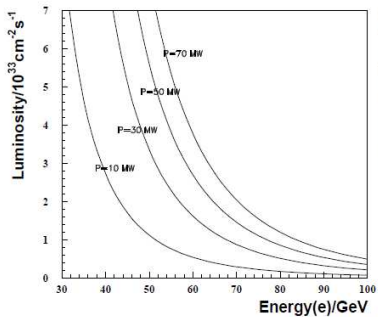


Figura: Linha

Os designs do LHeC

Anel e Linha (Newman et al)



O programa LHeC

- Maior precisão nas medidas da estrutura do próton
- Alta densidade partônica
 - ▶ Evolução de pequeno x e evolução não-linear (saturação)
- Medidas precisas do Modelo Padrão:
 - ▶ Precisão em α_s , dependência no sabor
 - ▶ Medidas mais precisas do Higgs
- Física além do Modelo Padrão
 - ▶ Leptoquarks, interações de contato;
- PDF's nucleares
 - ▶ Melhora nas PDF's via F_L e F_2^c .

O que motivou a criação do LHeC?

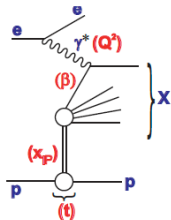
- Nova física já acessível antes no LHC;
- LHeC \Rightarrow novos fenômenos que o LHC poderia ter perdido;
- Escala cinemática sem precedentes para ep
- Nova sensibilidade para a existência de novos estados da matéria, principalmente no setor lépton-quark e em sistemas partônicos densos;
- Elétron-hadron \Rightarrow precisão na determinação da estrutura do hádron (QCD e dinâmica partônica em escala TeV);
- O LHeC complementa os programas pp e próton-ion, acrescentando um novo potencial de descoberta, sendo importante para o completo entendimento da física no intervalo de energia do LHC.

Objetos de estudo do LHeC

- Processo difrativo no LHeC;
- Funções de estrutura para pequeno x ;
- Explorando a nova dinâmica;
- Física além do modelo padrão.

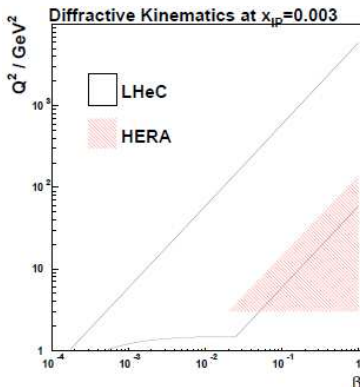
Difração no LHeC

- Estudos de HERA e Tevatron em pequeno x demonstraram claramente que a difração tem de ser uma componente integrante para o sucesso de qualquer teoria em pequeno x ;
- O contraste entre o DIS não-difrativo (próton quebrado) e o DIS difrativo (próton intacto) oferece uma janela experimental rara sobre o mecanismo que limita os quarks no interior dos hádrons;
- Eventos de difração, caracterizados pela presença de um intervalo de rapidez devido a troca de um objeto neutro sem cor, representam $\sim 10\%$ da seção de choque total de HERA.



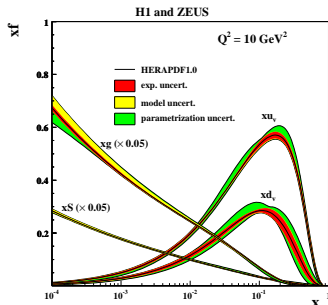
Difração no LHeC

- Uma forma geral de descrever a DIS difrativo é estabelecer, por um teorema de fatorização da QCD, que permite definir as distribuições partônicas difrativas (dpdfs);
- Testar as propriedades de dpdfs extraídas de HERA só tem sido possível até agora com previsões de observáveis DIS para o estado final tais como seções de choque de jato ou charme.



Por que a física de pequeno x é tão interessante?

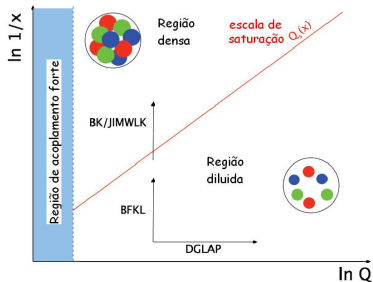
- Espalhamento inelástico um processo clássico de espalhamento em que se investiga a estrutura dos hádrons mais precisamente;
- Lição importante de HERA: Observação de grandes violações de escala da função de estrutura F_2 ;



- Dominância de glúons em pequeno x ;
- Grande incerteza na distribuição;
- Aumento nas flutuações partônicas \Rightarrow sistema de muitos corpos \Rightarrow novo regime: alta densidade de partons;

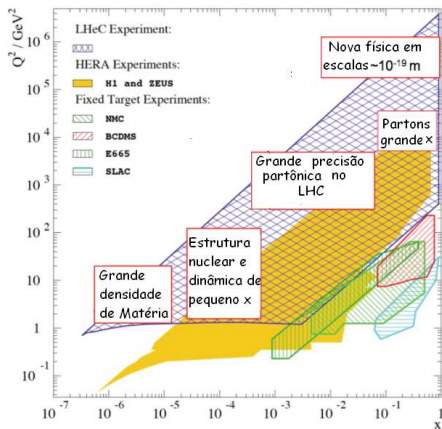
Novo regime em pequeno x : alta densidade de pártons

- Em pequeno x a evolução linear mostra grande aumento na distribuição de glúons;
- Evolução partônica necessita ser modificada para incluir os efeitos de recombinação gluônica (na linguagem de dipolo isso corresponde a espalhamentos múltiplos);
- Espera-se que uma escala dinâmica seja gerada: **escala de saturação $Q_s^2(x)$** ;
- Caracteriza o limite entre o regime linear e o não linear;



- A fronteira entre os dois regimes ainda deve ser determinada;
- **LHeC: pode acessar regimes densos enquanto x diminui.**

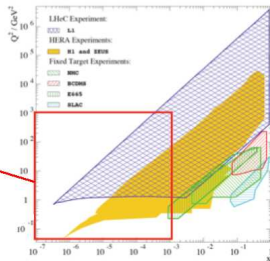
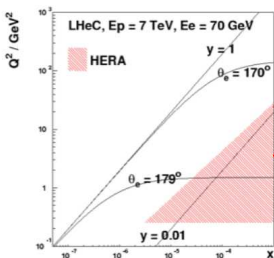
O que motivou a criação do LHeC?



$$x \geq 5 \times 10^{-7} \text{ para } Q^2 \leq 1 \text{ GeV}^2$$

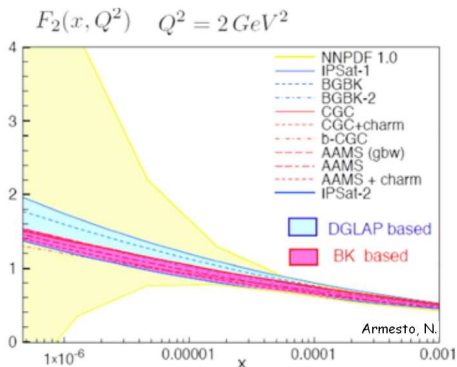
Cinemática básica inclusiva / Aceitação

- Acesso a $Q^2 = 1 \text{ GeV}^2$ em ep para todo $x > 5 \times 10^{-7}$ se tivermos uma aceitação de 179° ;
- Nada fundamentalmente novo no LHeC para física com $\theta < 170^\circ$.



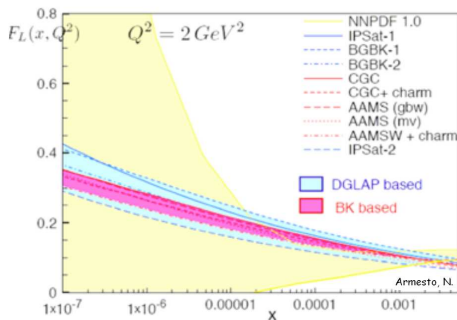
Extrapolando Modelos de F_2 para HERA

- Modelos de dipolo "modernos", contendo efeitos de saturação e comportamento em pequeno x dão uma escala muito mais precisa;
- Abordagens DGLAP \Rightarrow muitas incertezas em pequeno x e moderado Q^2 (maior incerteza quando Q^2 é reduzido).



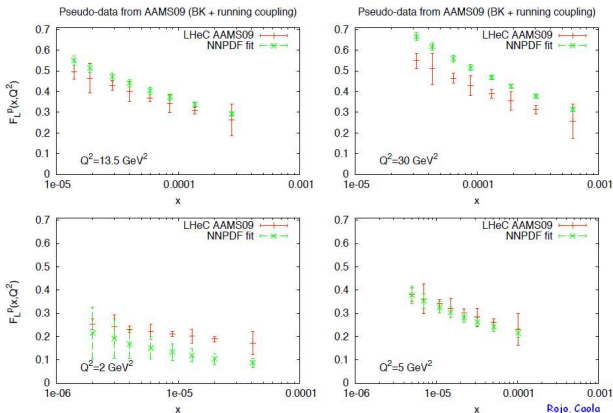
Extrapolando Modelos de F_L para HERA

- Incertezas nas cuvas ainda explodem em pequeno x ;
- Vasta gama de possibilidades permitidas ainda em Hera.



Testando a Dinâmica não-linear para ep

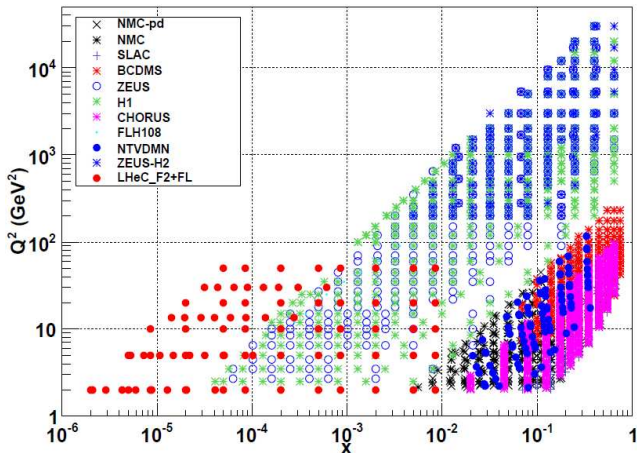
- Dados simulados do LHeC usando a evolução não-linear, que leva à saturação partônica em pequeno x ;
- F_L prevê significativa restrição sobre a densidade glúon em pequeno x .



Rojo, Coala

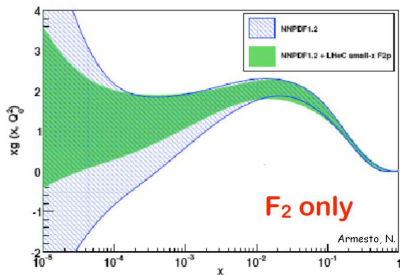
Testando a Dinâmica não-linear para ep

- Inclusão de pseudodados no LHeC para F_2 e F_L na DGLAP melhora a determinação de glúons em pequeno x .



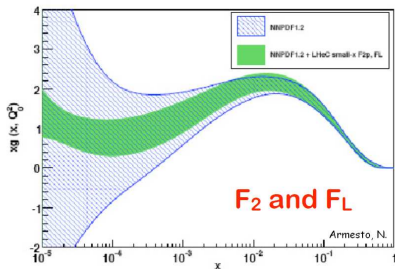
O impacto de F_2 e F_L para o LHeC

- Incerteza na distribuição de glúons em pequeno x para dados de F_2 no LHeC;
- Modesta redução de glúons, mas precisa F_L .



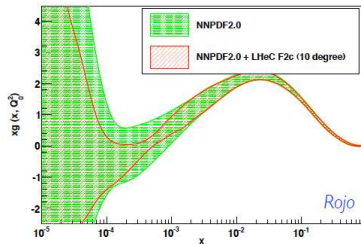
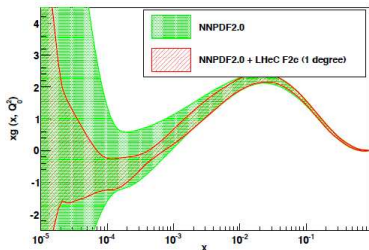
O impacto de F_2 e F_L para o LHeC

- Incerteza na distribuição de glúons em pequeno x para dados de F_2 e F_L no LHeC;
- Considerável redução do erro na distribuição de glúons em pequeno x \Rightarrow requer F_L ;
- Usando medidas de F_2 e F_L em interações ep pode-se melhorar significativamente o conhecimento da distribuição de glúons.
- E testam previsões dos slides anteriores.



Testando a Dinâmica não-linear para ep

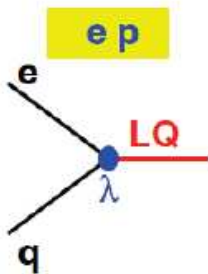
- Função de estrutura longitudinal: difícil medida;
- Função de estrutura do charm: possibilita uma determinação mais precisa da distribuição de glúons;



- Função de estrutura do charm F_2^c pode ser usada em adição a F_2 para restringir a densidade de glúon (a banda vermelha corresponde a análises com dados de LHeC com F_2^c);
- Conclusão: para uma melhor discriminação entre os modelos, especialmente envolvendo dinâmica não-linear, dois observáveis são necessários.

Física além do Modelo Padrão

- Novas dinâmicas elétron-quark e pósitron-quark podem ser observadas;
- A sensibilidade da física lépton-quark para altas energias e pequenas distâncias reforça a importância do LHeC;
- Descoberta de novas partículas: squarks, leptoquarks...



Conclusões

- Pelo que foi discutido, vemos que o LHeC poderá auxiliar o LHC em suas descobertas;
- A dinâmica em altas energias ou pequeno x é bastante complicada, o entendimento da dinâmica de glúons é de fundamental importância;
- O LHeC poderá revelar uma física até hoje não explorada experimentalmente (leptoquarks).