

Producción de bosones de Higgs en dispersión inelástica profunda en colisiones de eP en el contexto del LHeC.

Sebastián Rosado Navarro
Colaboradores
Marisol Alvarado Mayorga
Adrián Román Hernández

Centro Interdisciplinario de Investigación y Enseñanza de la Ciencia (CIIEC), BUAP

Noviembre 2025

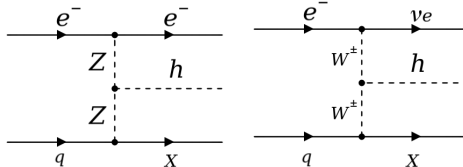
En este trabajo nos interesamos en calcular la producción de bosones de Higgs neutros en dispersiones inelásticas profundas e^-p , en el contexto del Modelo Estándar en el LHeC, haciendo uso del modelo de partones, siendo el proceso $e^- + p \rightarrow e^- + H^0 + X$. Los cálculos se realizan la función de distribución partónica “*NPDF23lo.as_0130.qed*”. Se calculará el proceso mencionado anteriormente con el programa CalcHEP. Además, nos interesa saber que tan dependientes son los valores de la sección transversal de la prescripción que tomemos para el parámetro \tilde{Q}^2 de $f_q(x', \tilde{Q}^2)$.

- Estudiar el proceso $e^- p \rightarrow e^- H^0 X$
- Estudiar el proceso $e^- p \rightarrow \nu_e H^0 X$
- Analizar sensibilidad a la prescripción de \tilde{Q}^2
- Extender cálculo incluyendo interacción $\gamma\gamma H$

- Protón = partones (quarks + gluones)
- Función de distribución: $f_q(x', \tilde{Q}^2)$
- Sección transversal:

$$\sigma(ep \rightarrow eHX) = \sum_q \int_0^1 dx' f_q(x', \tilde{Q}^2) \cdot \sigma(eq \rightarrow eHq')$$

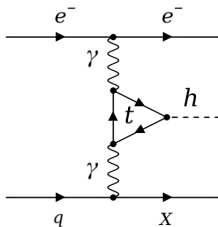
Diagramas de Feynman



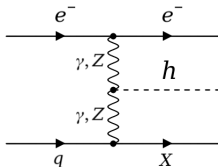
- Vía fusión $W^\pm W^\mp$
- Vía fusión $Z^0 Z^0$
- No existe $\gamma\gamma H$ a nivel árbol en ME

Diagramas de Feynman

Mediante un rizo podemos tener



De esta forma podemos usar un acoplamiento efectivo

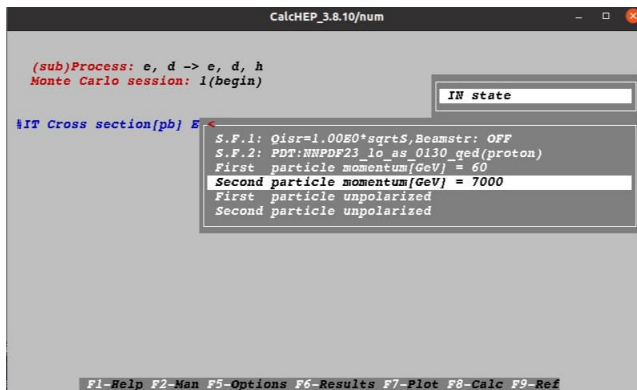


- Mij: $\sqrt{(p_i + p_j)^2}$
- Sij: $(p_i + p_j)^2$
- Más popular: $\sqrt{2stu/(s^2 + t^2 + u^2)}$

- Cálculo de amplitudes y secciones transversales
- **8 prescripciones para \tilde{Q}^2 :**
 - Leptónico MP: $\sqrt{2 \cdot S_{12} \cdot S_{13} \cdot S_{14} / (S_{12}^2 + S_{13}^2 + S_{14}^2)}$
 - Hadrónico MP: $\sqrt{2 \cdot S_{12} \cdot S_{23} \cdot S_{24} / (S_{12}^2 + S_{23}^2 + S_{24}^2)}$
 - M12, M345, S13, S14, S23, S24
- **Función de distribución:** NNPDF23.lo.as_0130.qed
- **Energías:** 60 GeV (e^-), 7000 GeV (p), i.e. $\sqrt{s} \approx 1300$ GeV

Subprocesos considerados

10 subprocesos: $e^- + q \rightarrow e^- + q + H^0$
($q = u, d, c, s, b$ y sus antipartículas)



The screenshot shows the CalcHEP 3.8.10/num window. The main text area contains the following commands:

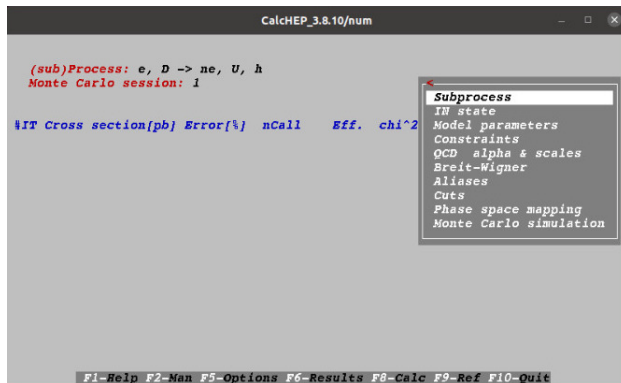
```
(sub)Process: e, d -> e, d, h
Monte Carlo session: 1(begin)

!IT Cross section[pb] E
```

On the right side, there is a panel titled "IN state" with a text input field containing "IN state". Below this, there is a list of parameters and their values:

- S.F.1: Qisr=1.00E0*sqrtS, Beamstr: OFF
- S.F.2: PDT:NNPDF23_lo_as_0130 qed(proton)
- First particle momentum[GeV] = 60
- Second particle momentum[GeV] = 7000
- First particle unpolarized
- Second particle unpolarized

At the bottom of the window, there is a menu bar with the following options: F1-Help, F2-Man, F5-Options, F6-Results, F7-Plot, F8-Calc, F9-Ref.



The screenshot shows the CalcHEP_3.8.10/num window. The main text area contains the following text:

```
(sub)Process: e, D -> ne, U, h  
Monte Carlo session: 1  
  
#IT Cross section[pb] Error[%] nCall Eff. chi^2
```

A context menu titled "Subprocess" is open, listing the following options:

- IN state
- Model parameters
- Constraints
- QCD alpha & scales
- Breit-Wigner
- Aliases
- Cuts
- Phase space mapping
- Monte Carlo simulation

The status bar at the bottom of the window displays the following menu items: F1-Help F2-Man F5-Options F6-Results F8-Calc F9-Ref F10-Quit

Resultados para $e^-p \rightarrow e^- H^0 X$

Tabla: Secciones transversales totales para $e^-p \rightarrow e^- H^0 X$

| Prescripción | Sección transversal σ (pb) | Error (%) |
|--------------|-----------------------------------|-----------------------|
| Hadrónico MP | 6.6785×10^{-4} | 8.89×10^{-1} |
| Leptónico MP | 6.6690×10^{-4} | 9.52×10^{-1} |
| M12 | 5.6060×10^{-4} | 8.62×10^{-1} |
| M345 | 5.6033×10^{-4} | 8.37×10^{-1} |
| S13 | 6.6238×10^{-4} | 8.96×10^{-1} |
| S14 | 5.7001×10^{-4} | 8.88×10^{-1} |
| S23 | 5.7091×10^{-4} | 8.15×10^{-1} |
| S24 | 6.6301×10^{-4} | 8.95×10^{-1} |

Resultados para $e^-p \rightarrow \nu_e H^0 X$

Tabla: Secciones transversales totales para $e^-p \rightarrow \nu_e H^0 X$

| Prescripción | Sección transversal σ (pb) | Error (%) |
|--------------|-----------------------------------|------------------------|
| Hadrónico MP | 3.74615×10^{-3} | 4.302×10^{-1} |
| Leptónico MP | 3.74648×10^{-3} | 4.924×10^{-1} |
| M12 | 3.07565×10^{-3} | 4.203×10^{-1} |
| M345 | 3.07438×10^{-3} | 4.274×10^{-1} |
| S13 | 3.72213×10^{-3} | 4.628×10^{-1} |
| S14 | 3.12829×10^{-3} | 4.056×10^{-1} |
| S23 | 3.13087×10^{-3} | 4.151×10^{-1} |
| S24 | 3.71578×10^{-3} | 4.628×10^{-1} |

Teoría efectiva:

- Rizo de quark top
- Lagrangian efectivo:

$$\mathcal{L}_{\gamma\gamma H} = \frac{g_{\gamma\gamma H}}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} H$$

$$g_{\gamma\gamma H} \propto \frac{\alpha}{\pi v} A_{1/2}(\tau_t)$$

$$\tau_t = \frac{4m_t^2}{m_H^2},$$

$A_{1/2}(\tau)$: forma de loop fermiónico

Implementación en CalcHEP

Se añade vértice efectivo $\gamma\gamma H$ con acoplamiento calculado vía un rizo de top. Para evitar divergencias es de suma importancia realizar cortes cinemáticos:

- Masa invariante del electrón y el partón salientes
- Ángulo de las partículas salientes

- **Nueva contribución** a la sección transversal total
- **Sensibilidad a nueva física** a través del acoplamiento $\gamma\gamma H$
- **Exploración de régimen electromagnético** en producción de Higgs
- Posible **amplificación** en altas energías (FCC)

Resultados para $e^-p \rightarrow e^- H^0 X$ mediante interacción electromagnética

Tabla: Secciones transversales totales para $e^-p \rightarrow e^- H^0 X$

| Prescripción | Sección transversal σ (pb) | Error (%) |
|--------------|-----------------------------------|------------------------|
| Hadrónico MP | 3.351×10^{-5} | 7.324×10^{-2} |
| Leptónico MP | 3.344×10^{-5} | 9.805×10^{-2} |
| M12 | 3.427×10^{-5} | 7.4×10^{-2} |
| M345 | 3.43×10^{-5} | 6.957×10^{-2} |
| S13 | 2.099×10^{-5} | 7.599×10^{-2} |
| S14 | 3.386×10^{-5} | 6.903×10^{-2} |
| S23 | 3.498×10^{-5} | 6.772×10^{-2} |
| S24 | 3.478×10^{-5} | 8.95×10^{-1} |

Resultados principales

- Sección transversal calculada exitosamente usando CalcHEP
- Dependencia débil de la prescripción de \tilde{Q}^2
- Similitudes identificadas entre diferentes prescripciones

Gracias por su atención!