

بررسی احتمال واپاشی هیگز تولیدی در فرآیند خاص ($t\bar{t}H$) به کوارک-پادکوارک ته

محسن بوستانچی

دانشگاه رازی کرمانشاه-دانشکده علوم

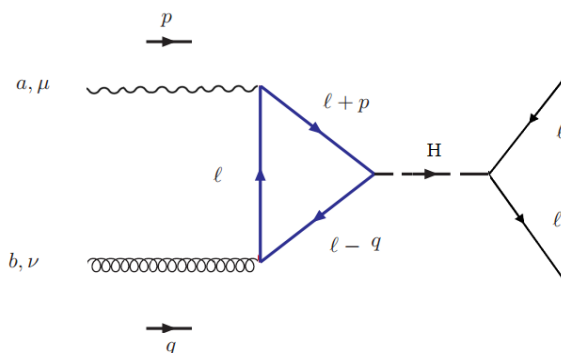
چکیده:

در این مقاله همجوشی بوزون-گلوئون در برخورددهنده هادرون-الکترونی برای جستجوی بوزون هیگز با کمک کانال $t\bar{t}H$ محاسبه و پس از آن احتمال تولید کوارک ته حاصل از این فرآیند بررسی میشود و نتیجه بدست آمده با نتایج فرآیند همجوشی گلوئون-گلوئون مقایسه خواهد شد. در این برخورددهنده انرژی الکترون برابر $E_e = 60 \text{ GeV}$ و انرژی پروتون $E_p = 7 \text{ TeV}$ خواهد بود. تولید بوزون هیگز در فرآیند مورد نظر ما از طریق یک حلقه فرمیونی شامل کوارک سر رخ می دهد. به دلیل اینکه جفت شدگی بوزون هیگز با جرم ذرات صورت می گیرد، در نتیجه در حلقه فرمیونی، کوارکی را خواهیم داشت که از نظر جرمی به هیگز نزدیکی زیادتری داشته باشد. همچنین مقدار چشم داشتی خلا برای تولید هیگز در این حالت $v = 246 \text{ GeV}$ در نظر گرفته شده است.

مقدمه:

در محاسبات نظری، کوارک سر به دلیل جفت شدگی بسیار زیادی که با بوزون هیگز دارد مورد بسیار خوبی جهت تحقیق در حیطه فیزیک هیگز می باشد، به همین دلیل در این کار پس از تعیین سطح مقطع برای جفت شدگی کوارک-پادکوارک سر و بوزون هیگز، به بررسی واپاشی هیگز از طریق شاخه های واپاشی آن به خصوص کوارک ته پرداخته شده است. فرآیند مورد نظر که از پراکندگی ناکشسان ژرف بین الکترون و پروتون سر چشمه می گیرد، به وسیله فوتون مجازی منتشر شده از الکترون و نیز گلوئون ساطع شده از پروتون انجام می شود که به این فرآیند همجوشی بوزون-گلوئون می گویند. در نهایت با استفاده از نتیجه محاسبات سطح مقطع جفت شدگی کوارک-پادکوارک سر و هیگز و همینطور نتایج مربوط به شاخه های واپاشی هیگز، احتمال تولید کوارک ته از طریق این فرآیند بررسی خواهد شد.

تعیین سطح مقطع $t\bar{t}H$ در پراکندگی ناکشسان ژرف الکترون-پروتون و بررسی احتمال رخداد فرآیند $(\gamma^* g \rightarrow H)_{t\bar{t}H} \rightarrow b\bar{b}$



شکل ۱: نمایش نمودار فاینمن برای فرآیند $(\gamma^* g \rightarrow H)_{t\bar{t}H} \rightarrow b\bar{b}$

برای محاسبه سطح مقطع همجوشی بوزون گلوئون و تولید جفتی کوارک-پادکوارک سر و هیگز ابتدا باید دامنه پراکندگی را برای آن نوشت. حلقه موجود در تصویر فوق شامل تمام ذرات سنگین با رنگ‌های متفاوت می‌تواند باشد اما به دلیل اینکه جفت شدگی هیگز با کوارک سر بسیار بیشتر از سایر کوارک‌ها است در نتیجه سهم سایر کوارک‌ها در این حلقه را نادیده گرفته و تنها کوارک سر را در نظر می‌گیریم. دامنه پراکندگی چنین محاسبه می‌شود که ابتدا حلقه را بطور کلی یک انتشارگر فرمیونی در نظر می‌گیریم سپس با استفاده از قوانین حلقه دامنه این فرآیند را به شکل زیر می‌نویسیم (تمام مقادیر مربوط به l ، q و p چارتکانه می‌باشند):

$$iA = -(-ig_e) \frac{i(\not{l} + m)}{(l^2 - m^2)} \gamma^\mu \frac{i(\not{l} + \not{p} + m)}{(l + p)^2 - m^2} \frac{i(\not{l} - \not{q} + m)}{(l - q)^2 - m^2} \gamma^\nu \left(\frac{-im}{v}\right) (-ig_s) \int \frac{d^d l}{(2\pi)^d} \epsilon_\mu \epsilon_\nu \quad (1)$$

در معادله فوق با استفاده از روابط موجود در مراجع [۱] و [۲] و نیز قوانین مربوط به روش فاکتورگیری فاینمن برای حلقه های فرمیونی، دامنه پراکندگی در نهایت به رابطه زیر تغییر شکل میدهد [۳]:

$$A(\gamma^* g \rightarrow H) = -\frac{1}{4\pi v} (g_s g_e) \left(g^{\mu\nu} \frac{M_H^2}{2} - p^\nu q^\mu \right) I(a) \epsilon_\mu(p) \epsilon_\nu(p) \quad (2)$$

با استفاده از داده های مرجع [۲] و [۳] برای سطح مقطع برای برخوردهای رودرو و تولید هیگز در مدل استاندارد، در نهایت برای سطح مقطع همجوشی فوتون-گلوئون و جفت شدگی کوارک-پادکوارک سر با بوزون هیگز به رابطه زیر دست پیدا خواهیم کرد:

$$\hat{\sigma}(\gamma^* g \rightarrow H) = \frac{\pi}{64v^2} \alpha_e \alpha_s \frac{M_H^2}{s} \left| I\left(\frac{M_H^2}{m^2}\right) \right|^2 \delta(s/M_H^2 - 1) \quad (3)$$

در رابطه فوق دلتای دیراک تضمین کننده پایستگی انرژی در نمودار فاینمن مربوط به پراکندگی شکل ۱-۱ می‌باشد.

برای این پراکندگی، انرژی ذرات برخورد کننده [۳] با $E_e = 60 \text{ GeV}$ و $E_p = 7 \text{ TeV}$ ، مقدار چشم داشتی خلا برای تولید هیگز $v = 246 \text{ GeV}$ و جرم کوارک سر 173 GeV و جرم بوزون هیگز 125 GeV در نظر گرفته شده است [۴]. همچنین مقادیر مربوط به ثابت جفت شدگی قوی (α_s) و الکترومغناطیسی (α_e) را به ترتیب ۰٫۱ [۵] و $1/137$ در نظر می‌گیریم. با در نظر گرفتن مقدار $x = 10^{-8}$ برای مقیاس بیورکن در حد انرژی‌های LHeC [۶]، سطح مقطع همجوشی بوزون گلوئون و تولید هیگز از طریق انتشار یک حلقه کوارک-پادکوارک سر چنین بدست می‌آید [۳]:

$$\hat{\sigma}(\gamma^* g \rightarrow H)_{t\bar{t}H} = 3.35 \text{ fb}$$

در فرآیند همجوشی گلوئون-گلوئون، سطح مقطع پیش بینی شده برای نرخ تابش هیگز از کوارک-پادکوارک سر، با انرژی مرکز جرم برخورد $\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}$ چنین بدست آمده است [۴]:

$$\hat{\sigma}(gg \rightarrow H)_{t\bar{t}H} = 86 \text{ fb}$$

برای عرض‌های واپاشی جزئی بوزون هیگز به یک جفت فرمیون، از رابطه زیر استفاده میشود [۷]:

$$\Gamma(H \rightarrow ff) = \frac{N_c g^2 m_f^2}{32\pi M_W^2} \beta^3 M_H \quad (4)$$

در رابطه فوق N_c فاکتور رنگ بوده که برای لپتون ۱ و برای کوارک ۳ می‌باشد همچنین $\beta = (1 - \frac{4m_f^2}{M_H^2})$ عرض واپاشی هیگز به کوارک-پاد کوارک ته طبق رابطه فوق برابر $\Gamma(H \rightarrow bb) = 0.5_{-0.7}^{+0.8}$ است [۷].

با استفاده از محاسبات و داده های فوق در LHC و LHeC و همچنین رابطه مربوط به عرض های واپاشی هیگز، میتوانیم احتمال تولید کوارک پاد کوارک ته از طریق هیگز موجود در $t\bar{t}H$ را بدست آوریم:

$$\hat{\sigma}(\gamma^* g \rightarrow H)_{t\bar{t}H} \times \Gamma(H \rightarrow b\bar{b}) = 3.35 \text{ fb} \times 0.5 \cong 1.68 \text{ fb}$$

$$\hat{\sigma}(gg \rightarrow H)_{t\bar{t}H} \times \Gamma(H \rightarrow b\bar{b}) = 86 \text{ fb} \times 0.5 \cong 43 \text{ fb}$$

نتیجه گیری:

در این مقاله به بررسی احتمال تولید کوارک-پادکوارک ته را از طریق هیگز تولیدی به روش همجوشی بوزون-گلوئون در برخورد دهنده LHeC پرداختیم. علت استفاده از فرآیند همجوشی بوزون-گلوئون، علیرقم سطح مقطع کوچکتر تولید هیگز که نسبت به برخوردهای هادرون-هادرونی دارد، اینست که در این فرآیند (لپتون-هادرونی) تعداد بسیار کمتری هادرون در حالت نهایی داریم و اندازه گیری یک حالت خاص در این نوع برخوردها، راحت تر و با دقت بسیار بیشتری انجام می‌شود [۳]. در نتیجه احتمال مشاهده دقیقتر و بهتر تولیدات ناشی از واپاشی هیگز نیز در این فرآیند بیشتر میباشد که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است.

منابع:

[۱] J. Crispim Romao., (2015), *Advanced Quantum Field Theory*.

[۲] F. Maltoni., (2011), *pp → Higgs a case study, CERN School*.

[۳] G. R. Boroun, A. Khanehzar and M. Boustanchi Kashan., (2017), Azimuthal Dependence of Intrinsic Top in Photon-Quark Scattering and Higgs Production in Boson-Gluon Fusion DIS, *Commun. Theor. Phys.* **68** 654

[۴] C. Bertella., (2014), Probing top quark and Higgs boson production in multi-jet events at the LHC with the ATLAS detector: *Ph.D. these, Aix-Marseille University*.

[۵] J. L. Abelleira Fernandez et al., (2012), [LHeC Study Group], A Large Hadron Electron Collider at CERN, *J.Phys.G.* **39**-075001.

[۶] O. Bruening, M. Klein., (2013), The Large Hadron Electron Collider *arXiv:1305.2090* [physics.acc-ph].

[۷] J. Beringer *et al.*, (2012), (Particle Data Group) *Phys. Rev. D* **86**, 010001