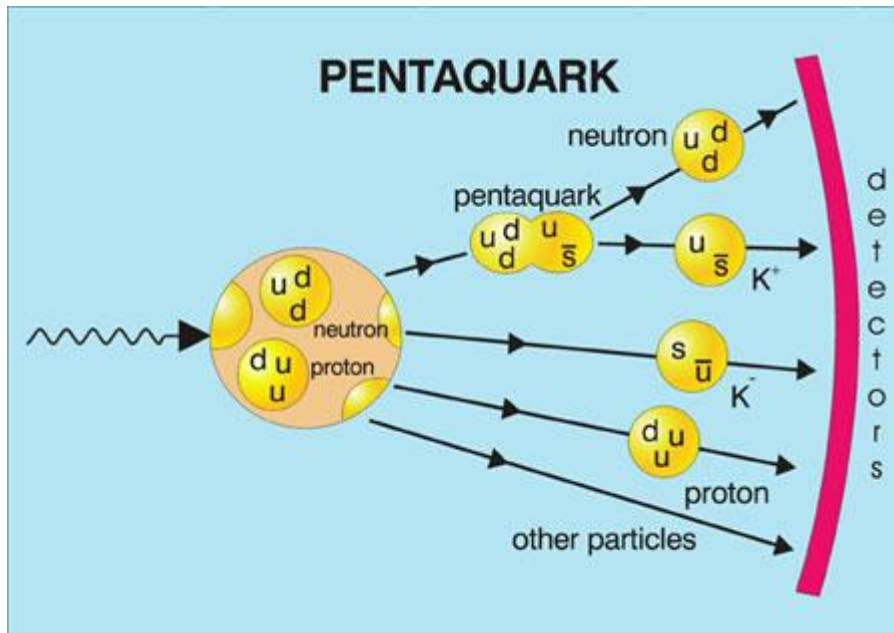


Pentaquark



A schematic drawing of how a pentaquark particle is created in high energy collisions at the SPring-8 accelerator in Japan and at the Jefferson Lab in the US. First, an energetic gamma ray, or photon, strikes a nucleus. Within the nucleus are nucleons, which are either protons (consisting in turn of two "up" quarks and one "down" quark) and neutrons (consisting of two down quarks and one up quark). In some collisions, the debris particles will include a pentaquark (consisting of 2 up quarks, 2 down quarks, and a strange antiquark), a negative K meson (a strange quark and an up antiquark), and other particles. Later, after a time not yet determined (but maybe as short as 10^{-20} seconds), the pentaquark decays into a positively charged K meson (up quark plus strange antiquark) plus a neutron, which are sensed in detectors farther along. Studying the properties of the end-product neutrons and K⁺ mesons is what determines the existence of the pentaquark. (Courtesy Malcolm Tarlton, AIP)

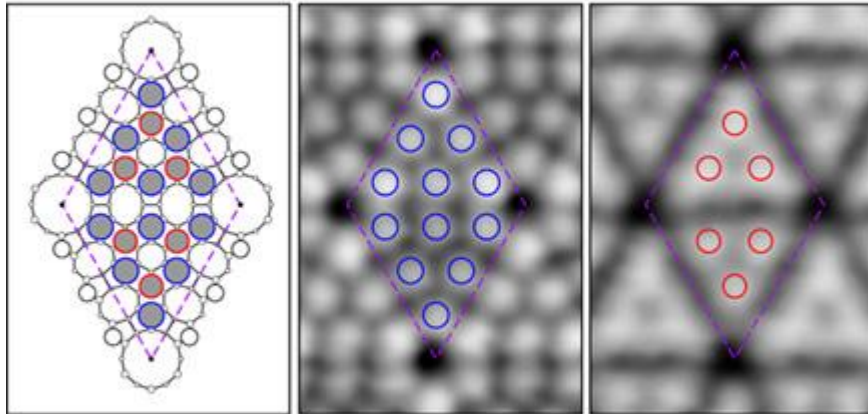
Reported by: Nakano *et al.*, in [Physical Review Letters](#), 4 July 2003

Additional information:

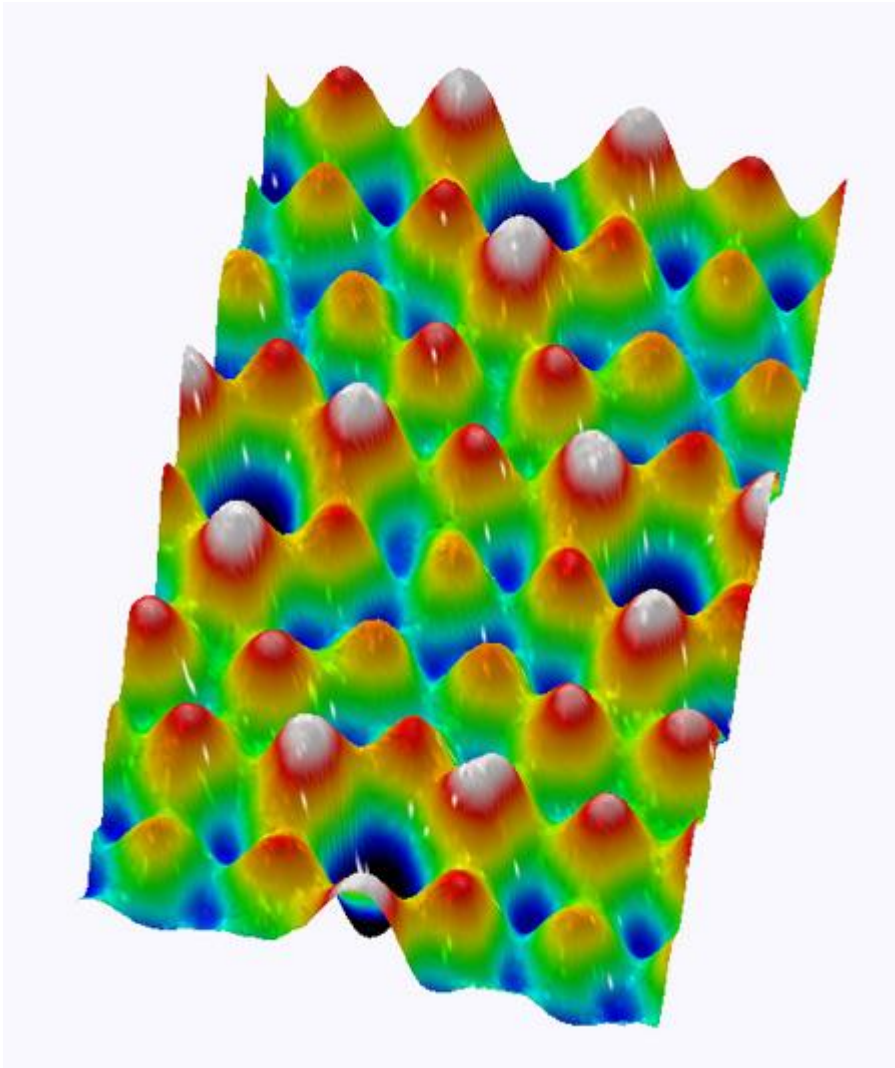
[Associated Physics News Update](#)

[Back to Physics News Graphics](#)

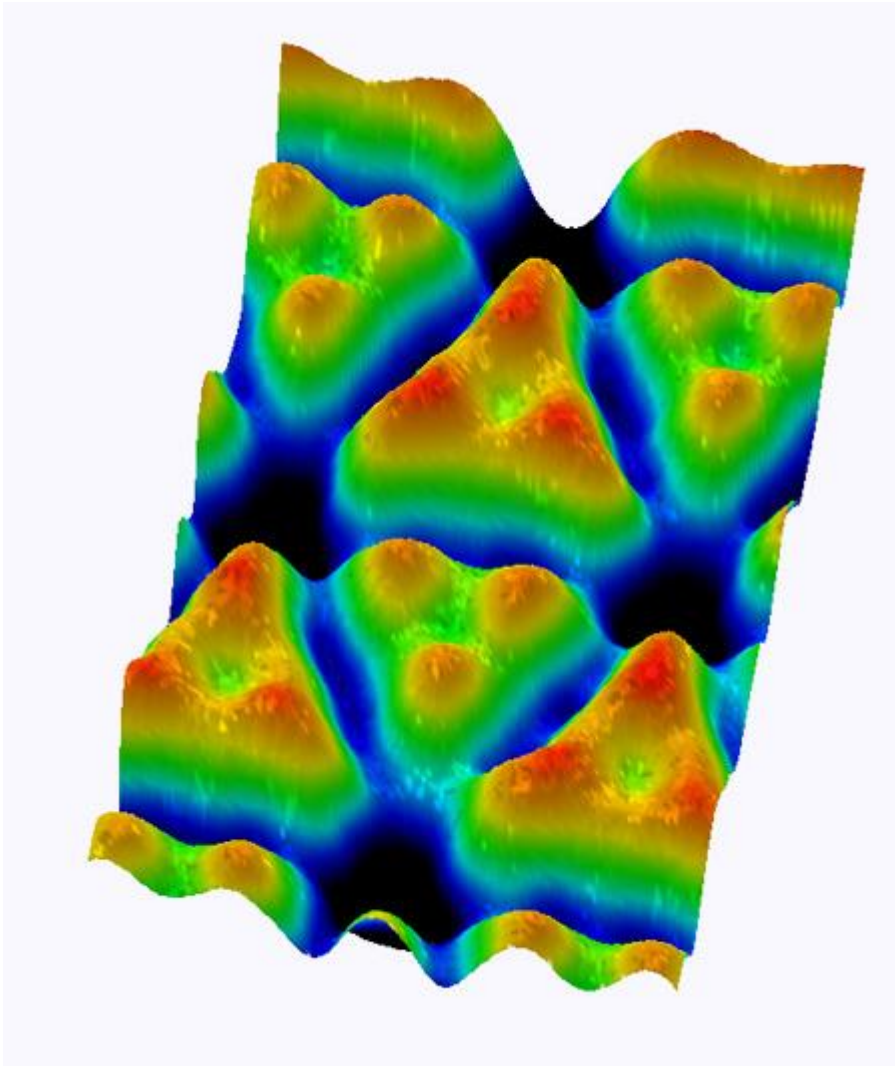
Color-Filtered STM



One of the most astounding inventions of the late 20th century, the scanning tunneling microscope, or STM, yields atomic-scale landscapes of electrically conducting surfaces such as metals. Now, researchers at the Colorado School of Mines have demonstrated a powerful new technique for filtering the images. Just as color filters make it easier to discern desired features in a photograph, "color-filtered STM" makes it easier to see desired atoms and chemical bonds on a surface. In the technique, electrons of different energies are analogous to different colors. Only electrons in desired energy ranges are allowed to jump or "tunnel" to the STM tip, to build up images of the atoms or chemical bonds of interest. In the image above, the left-hand side shows the atomic structure of the silicon (111) surface. Two different types of silicon atoms (marked in red and blue) exist at that surface (they differ by their position and the chemical-bonding environment on the surface). The atoms show up as bright spots in the two grayscale images on the right.



The next image is the kind that would be obtained with a conventional STM that has a metal tip. What shows up in this image are the atoms (shown in blue) that have the highest energy electrons associated with them.



The final image is a color- or energy-filtered image, in which the researchers have suppressed the blue atoms, and can now observe others that have electronic states at lower energy (shown in red). This silicon surface is actually a special case, in which the 'red' atoms actually lie sort of beneath the blue ones. Via energy filtering, researchers can thus "see through" the blue atoms and selectively image the red ones!

(Thanks to Peter Sutter of the Colorado School of Mines for the images and the caption.)

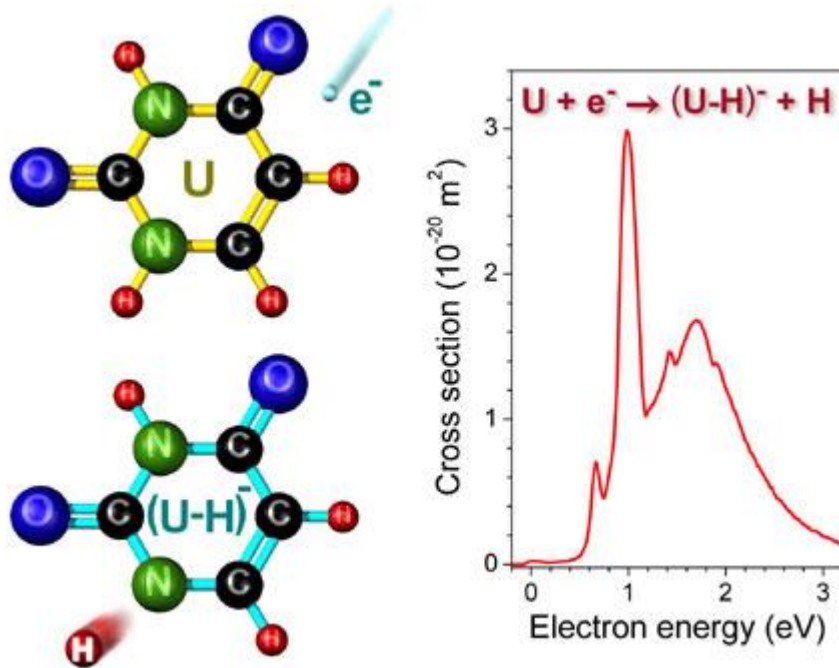
Source: [P. Sutter, P. Zahl, E. Sutter, and J. E. Bernard](#), *Physical Review Letters*, 25 April 2003

Additional information:

[Associated Physics News Update](#)

[Back to Physics News Graphics](#)

It Doesn't Take Much to Break Up Uracil



Left: a schematic picture showing the approach of a relatively slow electron to a neutral Uracil molecule (upper left). The lower left image shows the products, i.e. the U-H anion and the outgoing neutral H-atom. The right figure shows the cross section for this specific reaction as a function of the electron energy.

Source: Hanel *et al.*, [Physical Review Letters](#), 9 May 2003

Additional information:

[Associated Website](#)

[Associated Physics News Update](#)

[Back to Physics News Graphics](#)

z

22.10.2003

Pentakvark - jeden z nejvýznamnějších objevů roku 2003

V červenci tohoto roku japonští vědci oznámili objev částice složené z pěti kvarků. Pozorování tohoto zvláštního baryonu, jehož existenci větší část teoretických fyziků donedávna vyvracela, byl bleskově potvrzen i v laboratoři ve Spojených státech. Pentkvark rozbouřil fyzikální veřejnost, která jej označila za „exotický baryon“. Vynutí si tato částice opravu „svatého chrámu“ Standardního modelu elementárních částic a jejich interakcí? A o jak rozsáhlou opravu vlastně půjde?

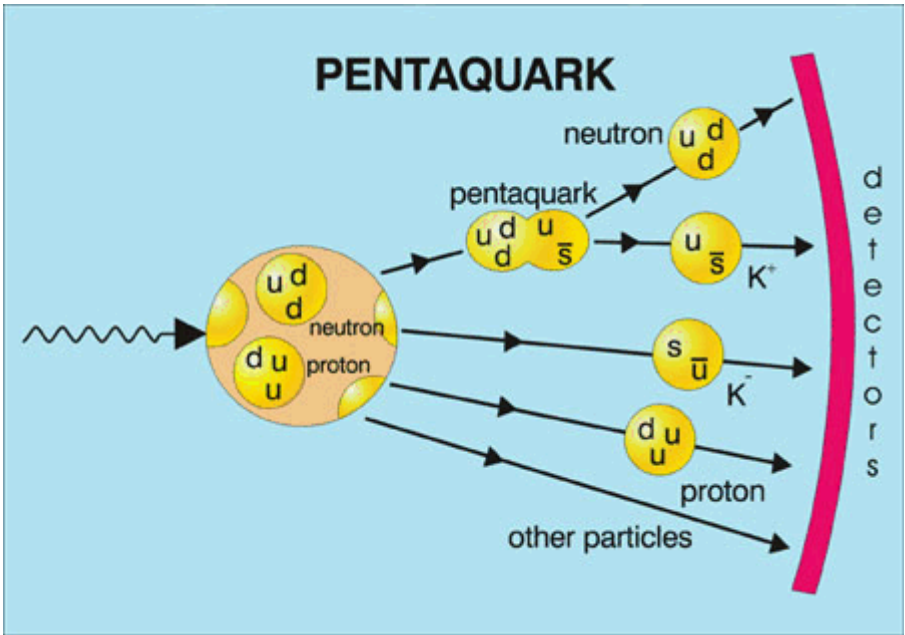
Standardní model elementárních částic a jejich interakcí dělil dosud hadrony na baryony, tvořené třemi kvarky (např. proton a neutron), a mezony, které tvoří dva kvarky, přesněji řečeno pár kvarku a

antikvarku (např. pion, kaon či částice rho a eta-c). Donedávna byla částice složená z pěti kvarků stavem, o němž by nikoho nenapadlo uvažovat. První, kdo existenci pentakvarku nesměle nadhodil, byla v roce 1995 skupina ruských fyziků Dmitrij Diakonov, Viktor Petrov a Maxim Poljakov z Ústavu pro jadernou fyziku v Petrohradu. V jejich článku se hovoří, že teoretické výpočty nevylučují možnost vzniku nesmírně hmotné částice složené z pěti kvarků, jejíž hmota bude značně převyšovat hmotu protonu. Snad žádný z renomovaných fyziků tento článek ovšem nebral vážně.

O to překvapivější bylo v červenci tohoto roku sdělení japonského fyzikálního ústavu SPring-8, že se podařilo tento pentakvark zachytit. Japonský tým, vedený Takashim Nakanem, toho docílil na zařízení LEPS (Laser Electron Photon Facility, viz <http://www.rcnp.osaka-u.ac.jp/Divisions/np1-b/index.html>). Zde byl laserový paprsek vyslán do proudu urychlených elektronů (s energií 8 GeV), cirkulujících na dráze synchrotronu. Díky odraženým fotonům vznikl paprsek silného gama záření, který byl nasměrován na terčik atomů uhlíku-12. Při vysokoenergetické srážce gama záření a neutronů jader uhlíku zaznamenaly detektory kromě uvolněných mezonů na zlomek okamžiku i „exotický baryon“ - částici tvořenou pěti kvarky. Tři kvarky v tomto „slepenci“ poskytuje neutron a dva uvolněný mezon. Životnost pentakvarku je v měřítku částicové fyziky poměrně velká. Podařilo se jí prodloužit na celou sekundu, než se pentakvark rozpadá na mezon a neutron.

Protože šlo o objev nemalého významu, vyvolal nemalý zájem. Skupina vedená Kenem Hicksem z Univerzity v Ohiu v laboratoři Thomase Jeffersona (<http://www.jlab.org/Hall-B>) oznámila, že při provádění podobných pokusů byla tato částice detekována i jejich přístroji. Američané totiž nedávno studovali obdobný postup, ale gama záření nasměrovali na terčik atomů deuteria. Vzniklý pentakvark dosahoval hmoty 1,5 GeV, což se shodovalo s japonskými výsledky. Detekovaný pentakvark je zřejmě první ze skupiny „exotických baryonů“. Ukázalo se, že vykazuje stejné složení a poměr kvarků, jak jej předpověděli petrohradští fyzici. Tvoří jej dva „u“ kvarky a dva „d“ kvarky (přičemž obě skupiny, „d“ a „u“, jsou nejtěžší kvarky) a jeden antikvark s-. Podle zavedené klasifikace jej můžeme rozepsat jako uudds-. Hmotnost tohoto „exotického baryonu“ je asi o 60% vyšší než hmotnost protonu.

Záříjové číslo časopisu Physics Today v jednom ze svých hlavních článků informovalo i o dalších experimentech, při nichž došlo k vytvoření pentakvarku. Je nasnadě, že ve Standardním modelu elementárních částic se objeví nové rozdělení částic hmoty. K baryonům a mezonům přibudou pentakvarky. V čele jejich studia je dnes Ken Hicks, který nyní pracuje jak v japonské laboratoři SPring-8, tak v americké laboratoři Thomase Jeffersona. Pentakvark je exotický nejen svou vysokou hmotností, ale - jak bylo výše zmíněno - zejména tím, že na rozdíl od dosud známých baryonů má podivnost $S = +1$. Tuto podivnost způsobuje skutečnost, že jedním z jeho pěti kvarků je antikvark s s třetinovým nábojem. Obecnou charakteristiku pentakvarku zatím neznáme. Je na fyzicích, aby popsali nejen jeho vlastnosti a chování, ale i případné verze složení. Zda jej náhodou nemohou tvořit i další druhy kvarků a v jakých možných kombinacích.

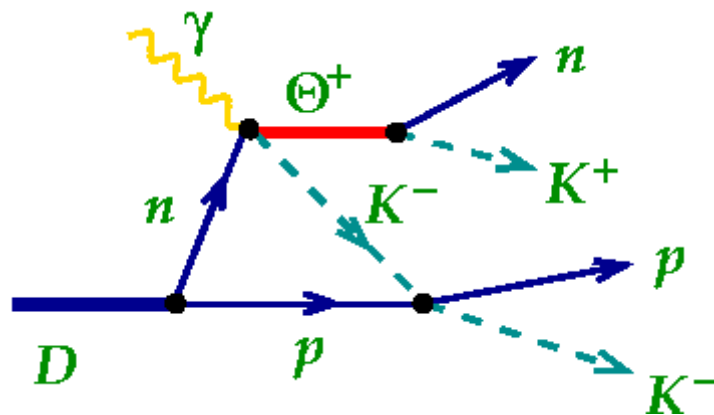


Model vzniku pentakvarku

Více informací :

Observation of Exotic Baryon

<http://plato.phy.ohiou.edu/~hicks/thplus.htm>



Takto prezentuje fyzika objev roku (2003)

$$n + \gamma + \gamma^- = \theta^+ + K^-$$



Budu-li interpretovat ve „své znakové řeči“ pentakvark já, bude to takto :

D – zřejmě znamená deuteron, jádro deuteria

$n + \gamma + \gamma^- = \theta^+ + K^-$	$\frac{x^3 \cdot t^1}{x^0 \cdot t^3} \cdot \frac{x^2 \cdot t^3}{x^2 \cdot t^2} \cdot \frac{x^2 \cdot t^2}{x^2 \cdot t^3} = \frac{x^5 \cdot t^2}{x^2 \cdot t^4} \cdot \frac{x^2 \cdot t^1}{x^2 \cdot t^1}$	11 11 11 11	rovnováha
$\theta^+ = n + K^+$	$\frac{x^5 \cdot t^2}{x^2 \cdot t^4} = \frac{x^3 \cdot t^1}{x^0 \cdot t^3} \cdot \frac{x^2 \cdot t^1}{x^2 \cdot t^1}$	7 6 7 6	rovnováha „nepravá“

(ale pozor, takto interpretovat rovnice, tj. vznik pentakvarku je asi nesprávné, neb deuteron je částice „v celku“ a nelze tak „zavádět“ dvě linie interakcí . Dole ukáži svůj návrh)

$$\begin{aligned} \theta^+ \text{ pentakvark} \square\square\square\square\square &\equiv (\text{UDD US}^-) = x^5 \cdot t^2 / x^2 \cdot t^4 \\ \Xi^- &\equiv (\text{SDS}) = x^5 \cdot t^2 / x^2 \cdot t^4 \quad ? \equiv \Xi_c^+ (\text{CUS}) \quad ? \equiv \theta^+ (!) \quad ? \\ \Delta^0, n (\text{neutron}) &\equiv (\text{UDD}) = x^3 \cdot t^1 / x^0 \cdot t^3 \end{aligned}$$

$$\frac{x^1 \cdot t^{-1/3}}{x^0 \cdot t^{+1/3}} \cdot \frac{x^1 \cdot t^{2/3}}{x^0 \cdot t^{4/3}} \cdot \frac{x^1 \cdot t^{2/3}}{x^0 \cdot t^{4/3}} \cdot \frac{x^1 \cdot t^{-1/3}}{x^0 \cdot t^{+1/3}} \cdot \frac{x^1 \cdot t^{4/3}}{x^2 \cdot t^{2/3}} \equiv \text{pentakvark} = \text{UDD US}^- \frac{x^5 \cdot t^2}{x^2 \cdot t^4}$$

(použity moje substitutece) :

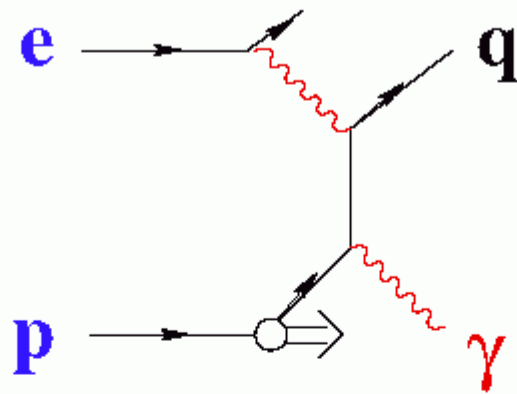
<i>b</i>	<i>t</i>	<i>u</i>	<i>d</i>	<i>s</i>	<i>c</i>
$x^3 \cdot t^{5/3}$	$x^3 \cdot t^{8/3}$	$x^1 \cdot t^{-1/3}$	$x^1 \cdot t^{2/3}$	$x^2 \cdot t^{2/3}$	$x^2 \cdot t^{5/3}$
-----	-----	-----	-----	-----	-----
$x^2 \cdot t^{7/3}$	$x^2 \cdot t^{10/3}$	$x^0 \cdot t^{+1/3}$	$x^0 \cdot t^{4/3}$	$x^1 \cdot t^{4/3}$	$x^1 \cdot t^{7/3}$

Resumé , můj úsudek : Tak jako chemie dnes vyrábí už milion sloučenin (většinou léků) které příroda prozatím nevyprodukovala (geneticky je nezná), tak pentakverk je „předčasný výrobek“ fyziků, který příroda dodnes nepotřebovala a neprodukovala a ještě sama neprodukuje . (12.01.2004)

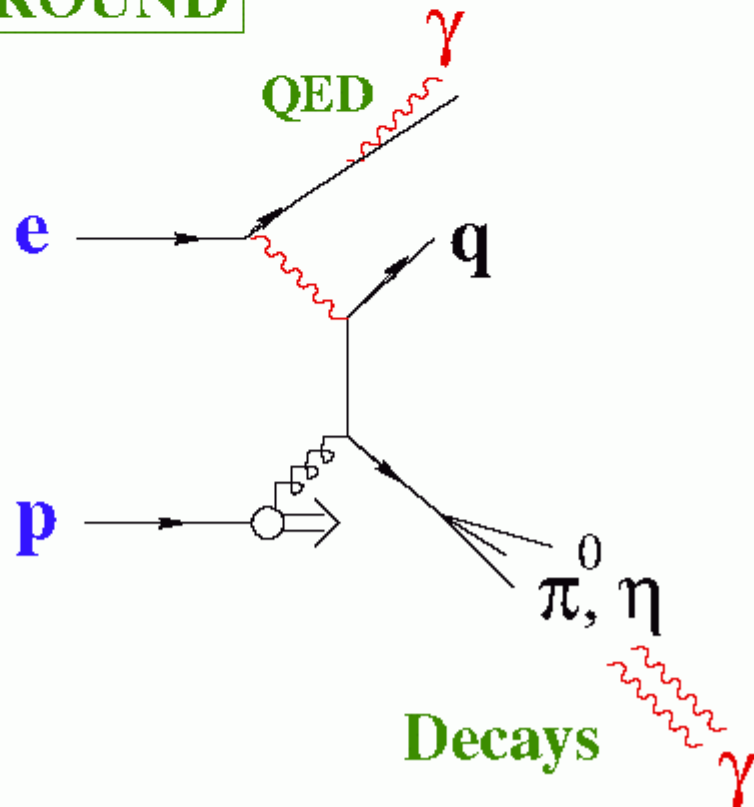
$$\begin{aligned} (p+n) + (\gamma + \gamma^-) = \theta^+ + K^- + p &= \frac{x^6 \cdot t^1}{x^0 \cdot t^5} \cdot \frac{x^4 \cdot t^5}{x^4 \cdot t^5} = \frac{x^5 \cdot t^2}{x^2 \cdot t^4} \cdot \frac{x^2 \cdot t^1}{x^2 \cdot t^1} \cdot \frac{x^3 \cdot t^0}{x^0 \cdot t^2} \quad 14 \quad 13 \\ \theta^+ = n + K^+ &= \frac{x^5 \cdot t^2}{x^2 \cdot t^4} = \frac{x^3 \cdot t^1}{x^0 \cdot t^3} \cdot \frac{x^2 \cdot t^1}{x^2 \cdot t^1} \quad 7 \quad 6 \end{aligned}$$

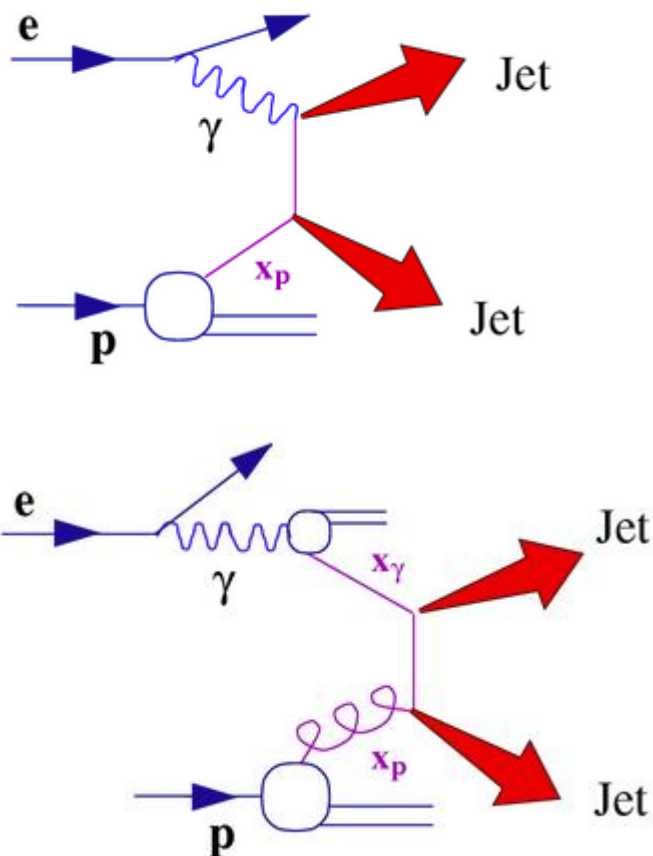
SIGNAL

QCD Reaction



BACKGROUND

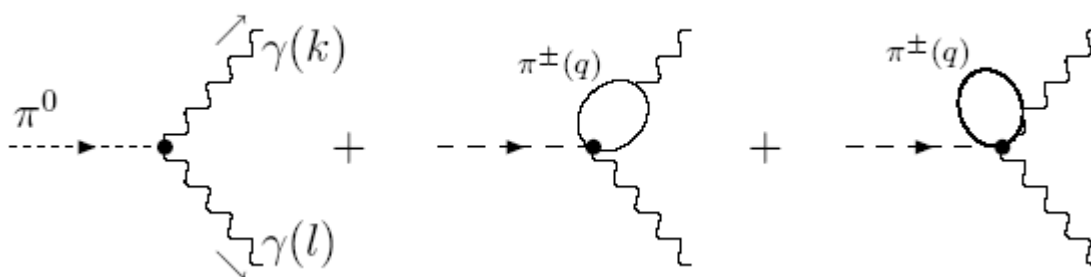




Karol Kampf karol.kampf@mff.cuni.cz 20.07.2003 píše :

$$\pi^0 = \gamma\gamma \quad ; \quad \pi^0 = e^- e^+ \gamma$$

$$\phi = \pi^0 \sqrt{2} \pi^+ \quad ; \quad \phi = \pi^0 \sqrt{2} \pi^-$$



$$(\pi^0 \rightarrow e^+ e^- \gamma)$$

to nemůže být dobře ! Tam musí být v nejlepším případě dva fotony tedy foton plus antifoton. (13.11.2004)

$$K^+ \rightarrow \pi^+ e^- \mu^+$$

In strong and electromagnetic interactions, hadronic flavor is conserved, *i.e.* the conversion of a quark of one flavor (d, u, s, c, b, t) into a quark of another flavor is forbidden. In the Standard

the pion decay $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$

$$e^+e^- \rightarrow H^0 Z^0$$

$$H^0 \rightarrow b\bar{b}$$

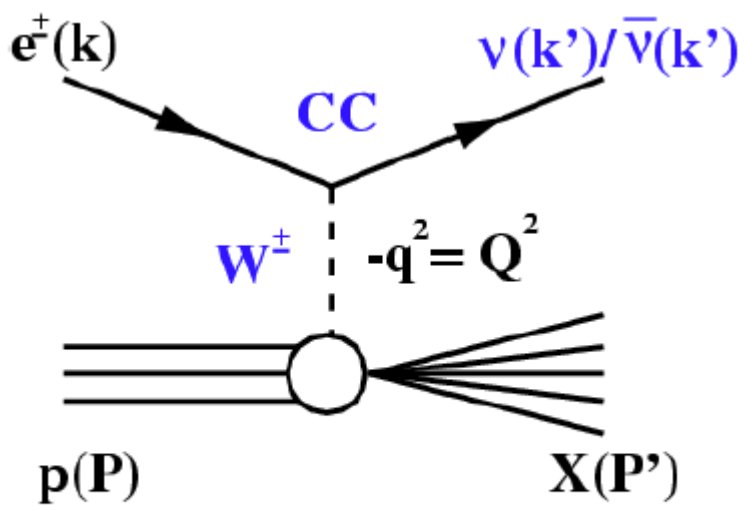
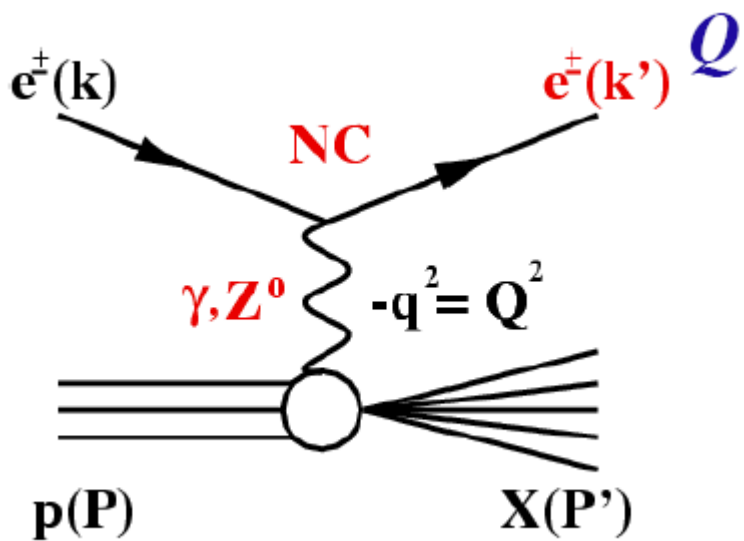
$$e^+e^- \rightarrow W^+W^-$$

are produced in the processes $e^+e^- \rightarrow (H^0 \rightarrow \tau^+\tau^-)(Z^0 \rightarrow q\bar{q})$ and $(H^0 \rightarrow q\bar{q})(Z^0 \rightarrow \tau^+\tau^-)$; they occur with a branching

$$e^+e^- \rightarrow H_i Z^0, \text{ and in pairs, } e^+e^- \rightarrow H_i H_j \quad (i \neq j)$$

accessible at LEP energies, the decays $H^+ \rightarrow c\bar{s}$ and $\tau^+\nu$ dominate. The final states $H^+H^- \rightarrow (c\bar{s})(\bar{c}s)$, $(\tau^+\nu_\tau)(\tau^-\bar{\nu}_\tau)$, and $(c\bar{s})(\tau^-\bar{\nu}_\tau) + (\bar{c}s)(\tau^+\nu_\tau)$ are therefore considered, and the results are presented with the $H^+ \rightarrow \tau^+\nu$ decay branching ratio as a free parameter.

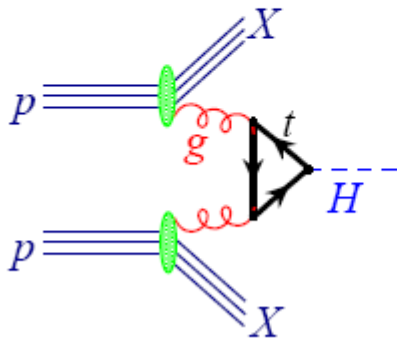
production process $Z^0 \rightarrow H^{++}H^{--}$



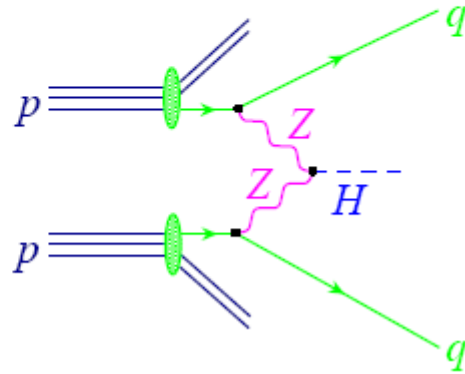
Aachen, 17.07.2003

M.

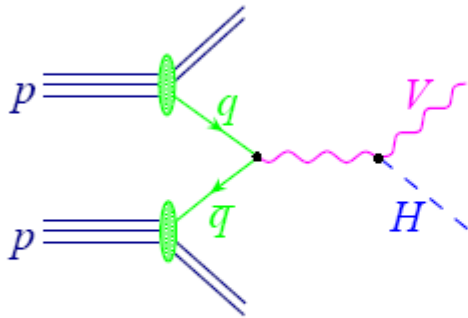
Production Modes



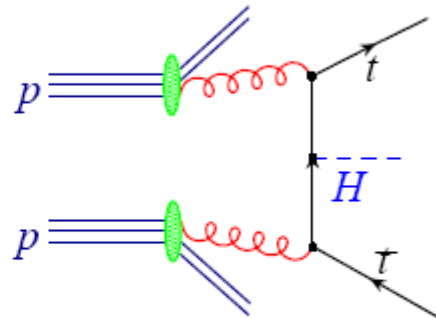
Gluon fusion



Weak Boson Fusion



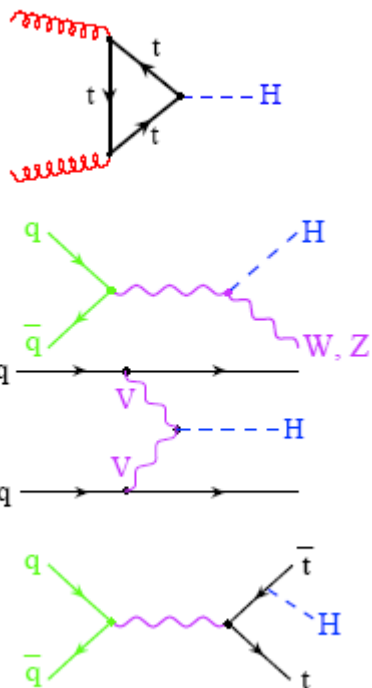
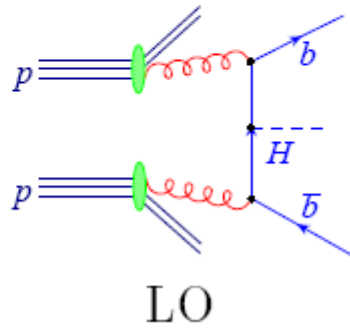
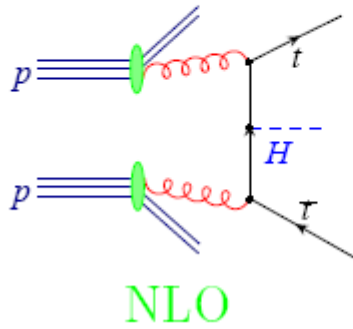
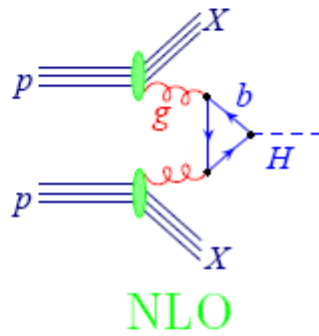
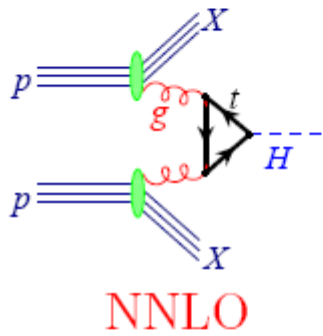
Higgs Strahlung



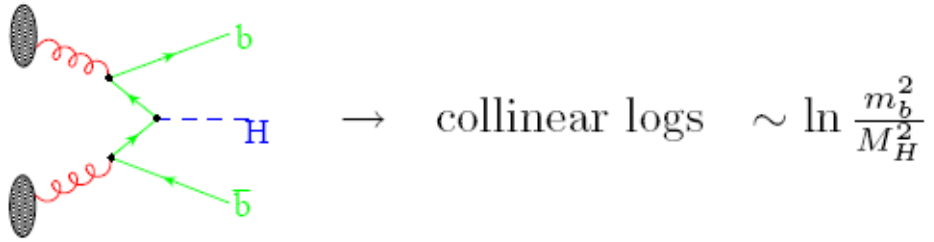
$t\bar{t}H$

Minimal SUSY SM

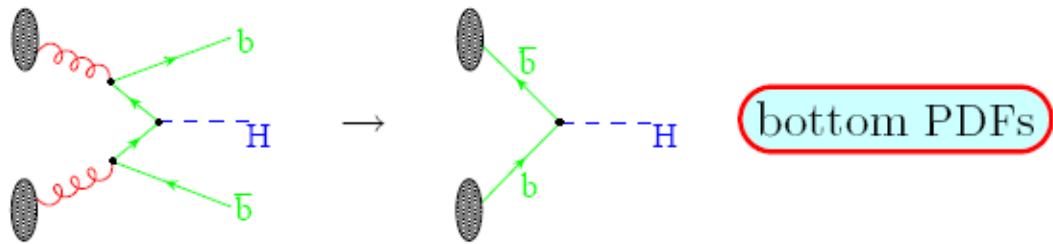
$$\frac{\lambda_b}{\lambda_t} = \frac{m_b}{m_t} \cdot \frac{v_u}{v_d} = \frac{m_b}{m_t} \cdot \tan \beta$$



$pp \rightarrow Hb\bar{b}$

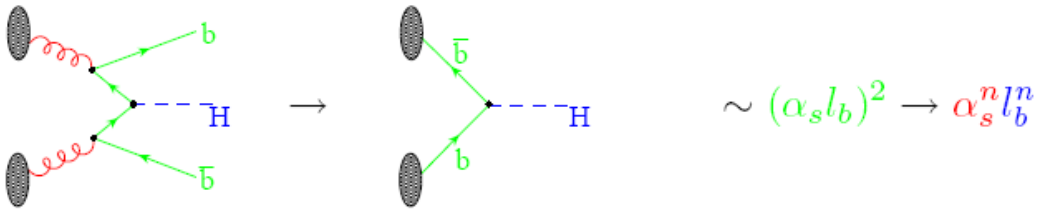


resum:



$pp \rightarrow Hb\bar{b}$ at NLO

[Dicus, Stelzer, Sullivan, Willenbrock ('99)]
[Maltoni, Sullivan, Willenbrock ('03)]

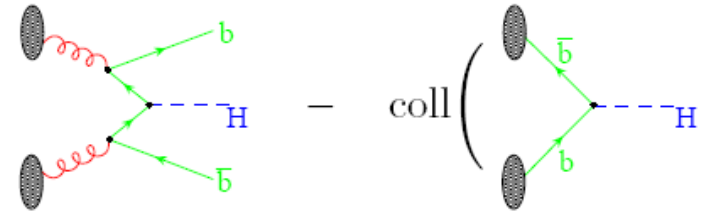


$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_s (\alpha_s l_b) \\ \rightarrow \alpha_s^n l_b^{n-1} \end{array} \right\} \sim + \text{[NLO diagram]} - \text{coll} \left(\text{[collinear log diagram]} \right)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_s (\alpha_s l_b)^2 \\ \rightarrow \alpha_s^n l_b^{n-1} \end{array} \right\} \sim + \text{[NLO diagrams]} + \dots$$

$pp \rightarrow Hb\bar{b}$ at NNLO

[R.H., Kilgore ('03)]

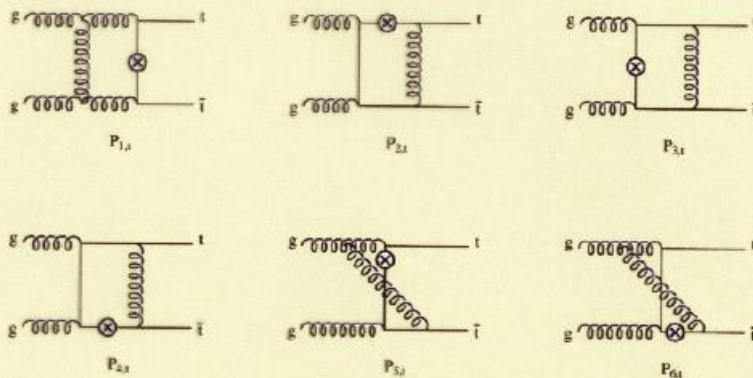
NNLO: $\left\{ \begin{array}{l} \alpha_s^2 (\alpha_s l_b)^0 \\ \rightarrow \alpha_s^n l_b^{n-2} \end{array} \right\} \sim$ 

$$\sigma(b\bar{b} \rightarrow H) = \sum_n (\alpha_s l_b)^n \left\{ \begin{array}{l} \alpha_s^2 [c_{n0} l_b^2 + c_{n1} l_b + c_{n2}] \\ + \alpha_s^3 d_{n3} + \alpha_s^4 d_{n4} + \dots \end{array} \right\} \rightarrow \text{higher orders}$$

PDFs
LO
NLO
NNLO

$p\bar{p}, pp \rightarrow t\bar{t}H$: $\mathcal{O}(\alpha_s)$ virtual corrections

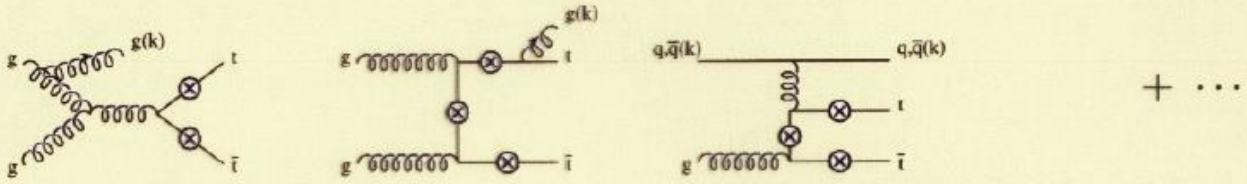
Main challenge: **Pentagon** scalar and tensor **integrals** with several external and internal massive particles



- **Scalar pentagon integrals**: reduced to linear combination of five box scalar integrals (Z.Bern, L.J.Dixon, D.A.Kosower; A.Denner)
- **Tensor pentagon integrals**: numerical instabilities (due to Gram determinant spurious singularities) treated both analytically and numerically.

$p\bar{p}, pp \rightarrow t\bar{t}H: \mathcal{O}(\alpha_s)$ real corrections

Real gluon emission: IR singularities for 2 \rightarrow 4 process

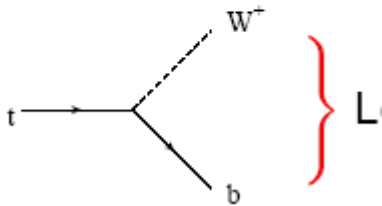


Phase Space Slicing \rightarrow isolate the region of the $t\bar{t}h + g(q, \bar{q})$ phase space where $s_{ik} \rightarrow 0$

$$s_{ik} = 2p_i \cdot k = 2E_i k^0 (1 - \beta_i \cos \theta_{ik})$$

Top quark: Heaviest

Extremely unstable



Charm production: D^0, D^+, D^{*+}, D_s^+

Use SVT (5.8 pb^{-1}) to obtain

$$D^0 \rightarrow K^- \pi^+$$

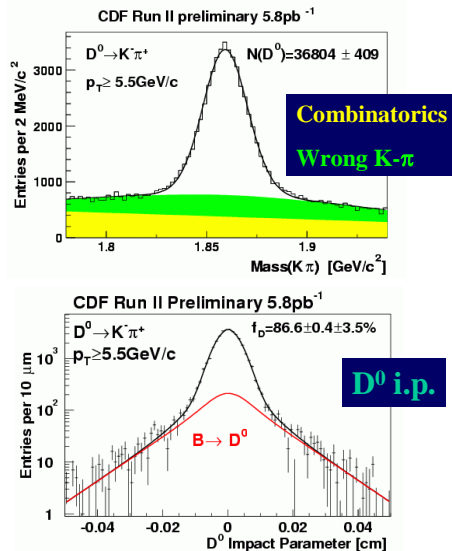
$$D^{*+} \rightarrow D^0 \pi^+$$

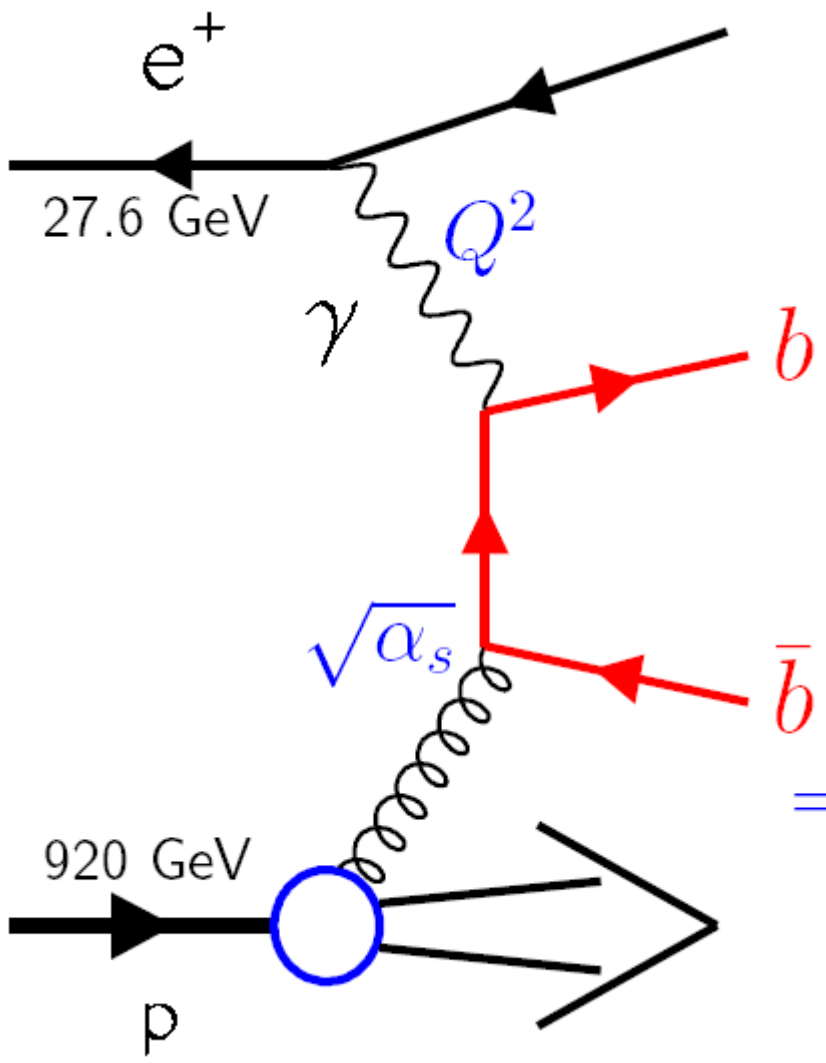
$$D^+ \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+$$

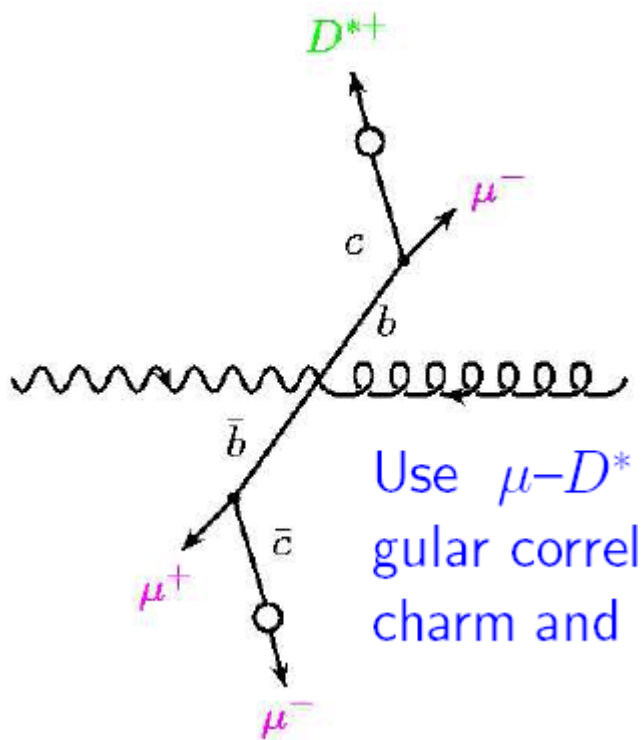
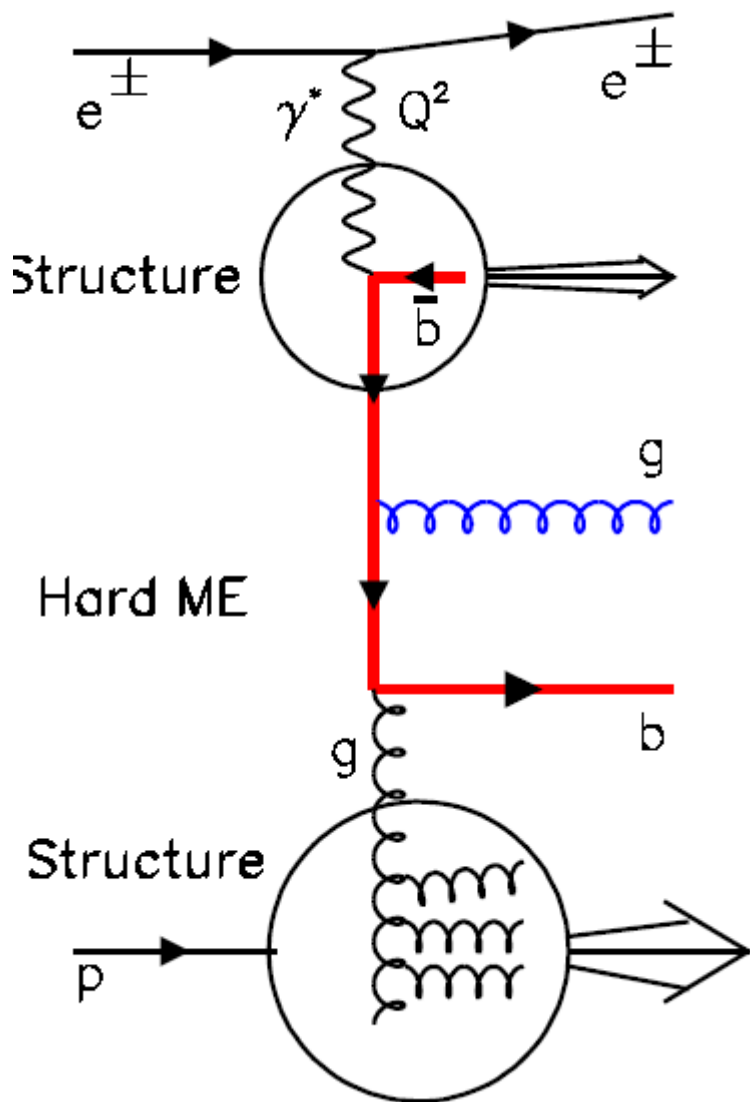
$$D_s^+ \rightarrow \phi \pi^+$$

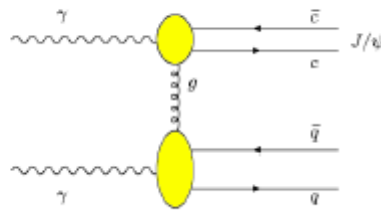
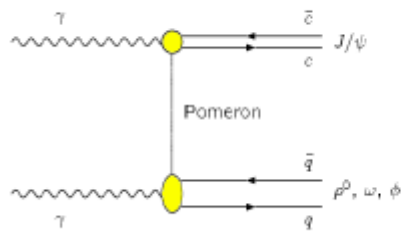
Determine prompt component (fit D impact parameter)

Compare $\sigma(D)$ to NLO

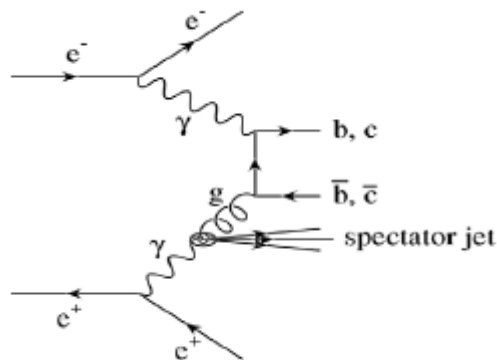
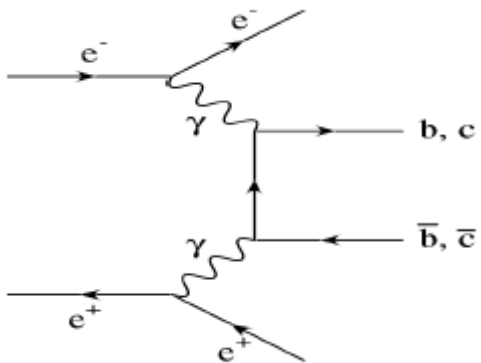








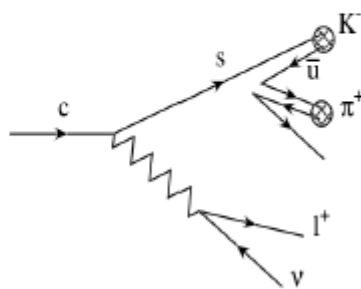
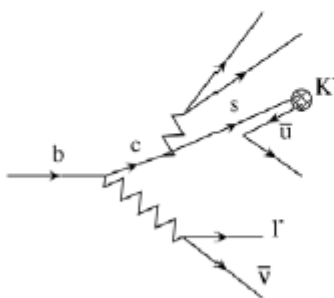
$$e^+e^- \rightarrow e^+e^- J/\psi X$$



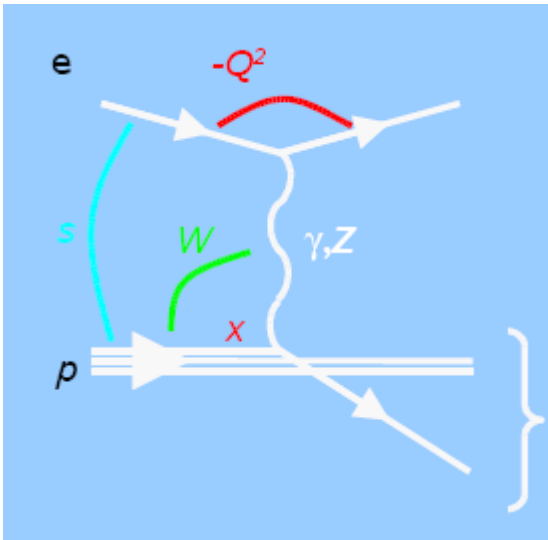
$$D^{*+} \rightarrow D^0 \pi_S^+$$

$$\hookrightarrow K^- \pi^+, K^- \pi^+ \pi^0, K^- \pi^+ \pi^- \pi^+$$

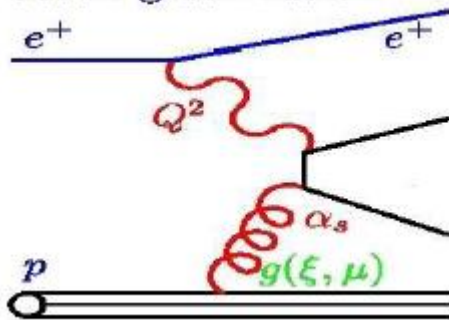
K-lepton charge correlations for beauty or charm enrichment



Identify a K in lepton jet with RICH and TPC



boson-gluon fusion



D-meson reconstruction procedures

Best decay channel for reconstruction:

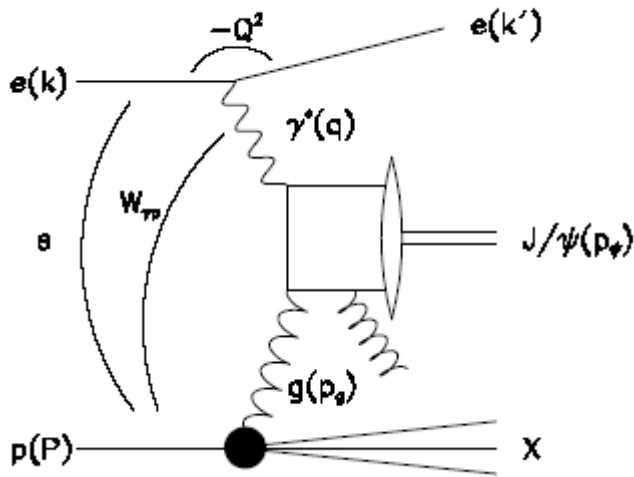
$$D^{*+} \rightarrow D^0 \pi_s^+ \rightarrow (K^- \pi^+) \pi_s^+ \quad BR = 2.6 \%$$

$$f(c \rightarrow D^{*+}) \simeq 24 \%$$

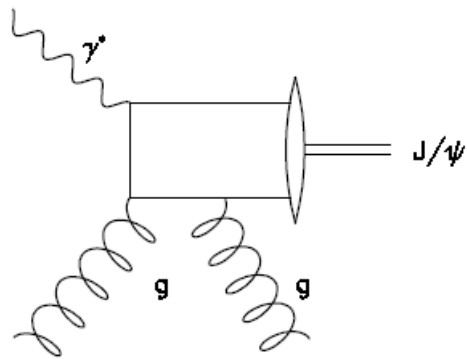
$$\Delta M = M(D^{*+}) - M(D^0) \sim m_\pi$$

Large background for:

$$D^+ \rightarrow K \pi^+ \pi^+ \quad D^0 \rightarrow K \pi^+$$

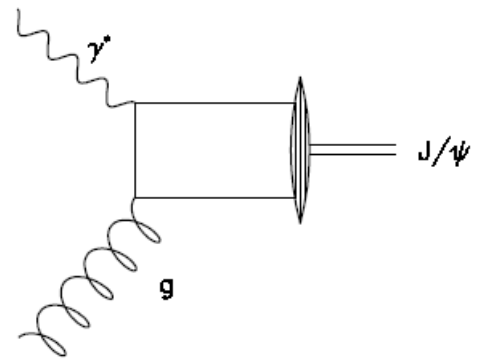


direct photon gluon fusion: $z \gtrsim 0.2$



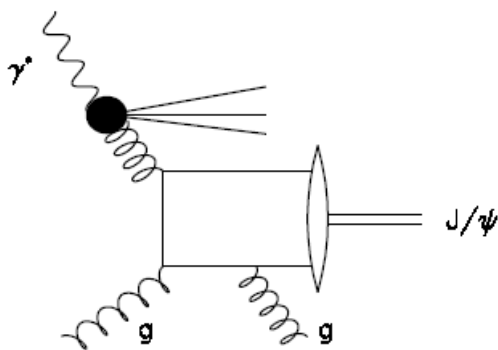
Colour Singlet Model

$c\bar{c}$ must have J/ψ quantum numbers
one parameter fixed from $\Gamma_{b \rightarrow l+l^-}$

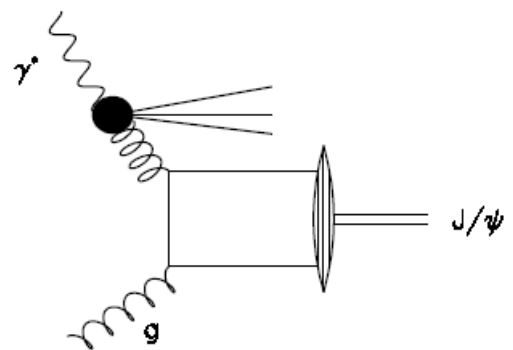


non-relativistic QCD

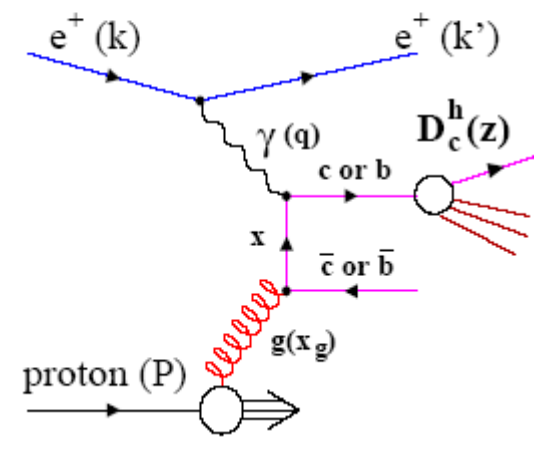
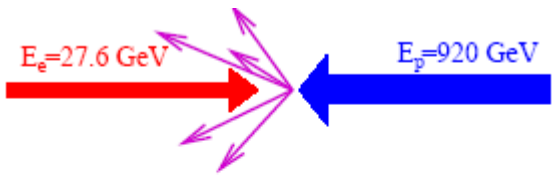
$c\bar{c}$ also in colour octet state
additional free parameters



Colour Singlet Model



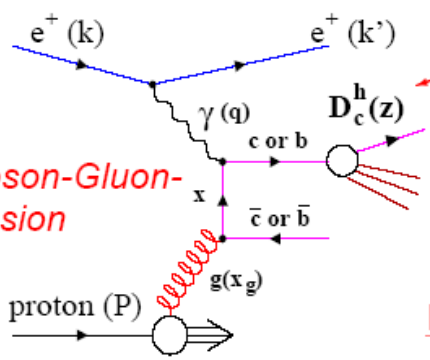
non-relativistic QCD



Direct contribution

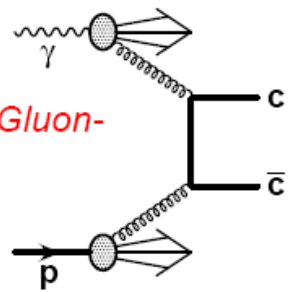
$Q^2 \simeq 0 \text{ GeV}^2 \Rightarrow$ Photoproduction

Boson-Gluon-Fusion

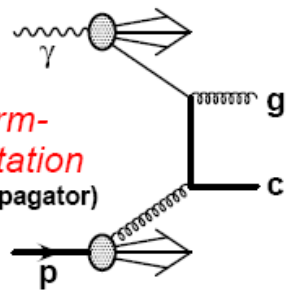


Resolved contributions

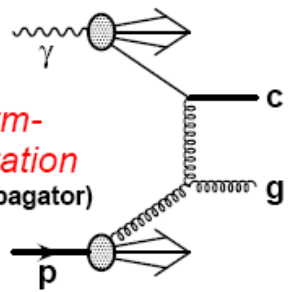
Gluon-Gluon-Fusion



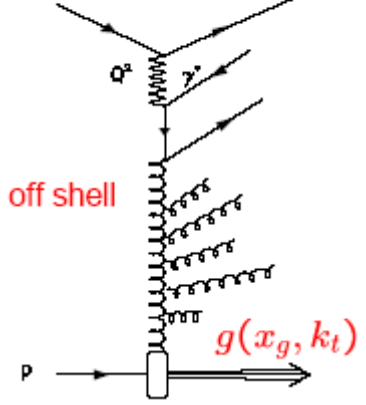
Charm-Excitation (q-Propagator)



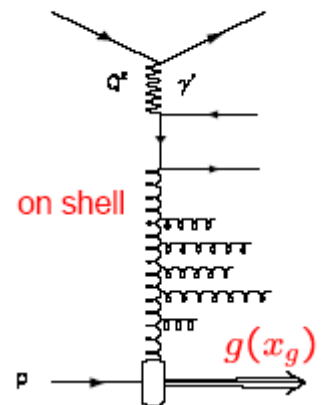
Charm-Excitation (g-Propagator)



CCFM (angular ordering)



DGLAP NLO



http://eps2003.physik.rwth-aachen.de/list_abstracts/index.php?sd_id=31
<http://www.sodaplay.com/index.htm>

<http://www.sodaplay.com/constructor/index.htm>

http://www-zeuthen.desy.de/~lastovic/index_cz.html

http://www-zeuthen.desy.de/~lastovic/index_cz.html

zde je digitální chaos ahry zde si objedná
své špejlové pyramidy lastovic@ifh.de lastovic@ifh.de Radek Laštovička h1info@desy.de

h1info@desy.de ; lastovic@mail.desy.de

lastovic@ifh.de