Esteban Fullana

Esteban.Fullana@ific.es

Departamento de Fisica Atómica, Molecular y Nuclear and IFIC, CSIC-Universidad de Valencia

September 10, 2005- E.Fullana - Bienal de la Real Sociedad Española de Física - Orense 2005 - p.

- Fundamentos de la teoría
- Señales experimentales

- Fundamentos de la teoría
- Señales experimentales
- Intercambio virtual

- Fundamentos de la teoría
- Señales experimentales
- Intercambio virtual
- Producción de Dijets

- Fundamentos de la teoría
- Señales experimentales
- Intercambio virtual
- Producción de Dijets
- Sección Eficaz

- Fundamentos de la teoría
- Señales experimentales
- Intercambio virtual
- Producción de Dijets
- Sección Eficaz
- Simulación rápida del detector: Atlfast

- Fundamentos de la teoría
- Señales experimentales
- Intercambio virtual
- Producción de Dijets
- Sección Eficaz
- Simulación rápida del detector: Atlfast
- Conclusiones

- Fundamentos de la teoría
- Señales experimentales
- Intercambio virtual
- Producción de Dijets
- Sección Eficaz
- Simulación rápida del detector: Atlfast
- Conclusiones

- Fundamentos de la teoría
- Señales experimentales
- Intercambio virtual
- Producción de Dijets
- Sección Eficaz
- Simulación rápida del detector: Atlfast
- Conclusiones

• Los modélos actuales establecen dos escalas de energía fundamentales:

• La escala electrodébil: $m_{\rm EW} \sim 10^3 \, {\rm GeV}$

- La escala electrodébil: $m_{\rm EW} \sim 10^3 \, {\rm GeV}$
- La escala de Plank: $m_{\rm Pl} \sim 10^{18} \, {\rm GeV}$

• Los modélos actuales establecen dos escalas de energía fundamentales:

- La escala electrodébil: $m_{\rm EW} \sim 10^3 \, {\rm GeV}$
- La escala de Plank: $m_{\rm Pl} \sim 10^{18} \, {\rm GeV}$

• Diferencia de escalas \rightarrow problema de la jerarquía (*hierarchy problem*)

- La escala electrodébil: $m_{\rm EW} \sim 10^3 \, {\rm GeV}$
- La escala de Plank: $m_{\rm Pl} \sim 10^{18} \, {\rm GeV}$

- Diferencia de escalas \rightarrow problema de la jerarquía (*hierarchy problem*)
- Una nueva teoría debe aparecer en la escala EW para explicar este problema:

- La escala electrodébil: $m_{\rm EW} \sim 10^3 \, {\rm GeV}$
- La escala de Plank: $m_{\rm Pl} \sim 10^{18} \, {\rm GeV}$

- Diferencia de escalas \rightarrow problema de la jerarquía (*hierarchy problem*)
- Una nueva teoría debe aparecer en la escala EW para explicar este problema:
 - Supersimetría

- La escala electrodébil: $m_{\rm EW} \sim 10^3 \, {\rm GeV}$
- La escala de Plank: $m_{\rm Pl} \sim 10^{18} \, {\rm GeV}$

- Diferencia de escalas \rightarrow problema de la jerarquía (*hierarchy problem*)
- Una nueva teoría debe aparecer en la escala EW para explicar este problema:
 - Supersimetría
 - Technicolor

 Nima Arkani-Hamed, Savas Dimopoulus y Gia Dvali (ADD) proponen otro escenario que explica el problema de la jerarquía:

- Nima Arkani-Hamed, Savas Dimopoulus y Gia Dvali (ADD) proponen otro escenario que explica el problema de la jerarquía:
 - Dado que:

- Nima Arkani-Hamed, Savas Dimopoulus y Gia Dvali (ADD) proponen otro escenario que explica el problema de la jerarquía:
 - Dado que:
 - $m_{\rm EW} \sim 10^3 \,{
 m GeV}$ se ha medido experimentalmente con mucha precisión.

- Nima Arkani-Hamed, Savas Dimopoulus y Gia Dvali (ADD) proponen otro escenario que explica el problema de la jerarquía:
 - Dado que:
 - $m_{\rm EW} \sim 10^3 \,{
 m GeV}$ se ha medido experimentalmente con mucha precisión.
 - $m_{\rm Pl} \sim 10^{18}$ GeV supone que la ley de Newton es válida desde ~ 1 cm (actual límite de la validez experimental de la ley de Newton) hasta 10^{-33} cm (longitud de Plank).

- Nima Arkani-Hamed, Savas Dimopoulus y Gia Dvali (ADD) proponen otro escenario que explica el problema de la jerarquía:
 - Dado que:
 - $m_{\rm EW} \sim 10^3 \,{
 m GeV}$ se ha medido experimentalmente con mucha precisión.
 - $m_{\rm Pl} \sim 10^{18}$ GeV supone que la ley de Newton es válida desde ~ 1 cm (actual límite de la validez experimental de la ley de Newton) hasta 10^{-33} cm (longitud de Plank).
 - Solo existe una escala fundamental de energía: $m_{\rm EW}$, que es la medida experimentalmente. Por tanto $m_{\rm Pl}$ debe ser del orden de $m_{\rm EW}$.

• Dado que $m_{\rm Pl} \sim G_{\rm Nw}^{-1/2}$, si $m_{\rm Pl}$ es 15 ordenes de magnitud menor $G_{\rm Nw}$ deberia ser 7 ordenes de magnitud mayor.

- Dado que $m_{\rm Pl} \sim G_{\rm Nw}^{-1/2}$, si $m_{\rm Pl}$ es 15 ordenes de magnitud menor $G_{\rm Nw}$ deberia ser 7 ordenes de magnitud mayor.
- Explicación: Existen n dimensiones espaciales compactificadas adicionales de radio $\sim R$.

- Dado que $m_{\rm Pl} \sim G_{\rm Nw}^{-1/2}$, si $m_{\rm Pl}$ es 15 ordenes de magnitud menor $G_{\rm Nw}$ deberia ser 7 ordenes de magnitud mayor.
- Explicación: Existen n dimensiones espaciales compactificadas adicionales de radio $\sim R$.
- Llamando m_{Pl(4+n)} a la escala de Plank real y m_{Pl} a la que medimos es nuestro espacio de 3+1 dimensiones; dos masas separadas una distancia r sentirán un potencial gravitatorio de la forma:

$$V(r) \sim rac{m_1 m_2}{m_{\mathrm{Pl}(4+n)}^{n+2} r^{n+1}}, \ (r \ll R)$$

$$V(r) \sim \frac{m_1 m_2}{m_{\text{Pl}(4+n)}^{n+2} R^n r}, \ (r \gg R) .$$

September 10, 2005- E.Fullana - Bienal de la Real Sociedad Española de Física - Orense 2005 - p.

• Por tanto: $m_{\rm Pl}^2 \sim m_{{\rm Pl}(4+n)}^{n+2} R^n$.

- Por tanto: $m_{\rm Pl}^2 \sim m_{{\rm Pl}(4+n)}^{n+2} R^n$.
- Por hipótesis de partida $m_{\mathrm{Pl}(4+n)} \sim m_{\mathrm{EW}}$:

$$R \sim 10^{\frac{30}{n} - 17} \,\mathrm{cm} \times \left(\frac{1 \,\mathrm{TeV}}{m_{\mathrm{EW}}}\right)^{1 + \frac{2}{n}}$$

- Por tanto: $m_{\rm Pl}^2 \sim m_{{\rm Pl}(4+n)}^{n+2} R^n$.
- Por hipótesis de partida $m_{\mathrm{Pl}(4+n)} \sim m_{\mathrm{EW}}$:

$$R \sim 10^{\frac{30}{n} - 17} \,\mathrm{cm} \times \left(\frac{1 \,\mathrm{TeV}}{m_{\mathrm{EW}}}\right)^{1 + \frac{2}{n}}$$

• Para $n = 1, R \sim 10^{13} \text{ cm} \rightarrow \text{descartado.}$

- Por tanto: $m_{\rm Pl}^2 \sim m_{{\rm Pl}(4+n)}^{n+2} R^n$.
- Por hipótesis de partida $m_{\mathrm{Pl}(4+n)} \sim m_{\mathrm{EW}}$:

$$R \sim 10^{\frac{30}{n} - 17} \,\mathrm{cm} \times \left(\frac{1 \,\mathrm{TeV}}{m_{\mathrm{EW}}}\right)^{1 + \frac{2}{n}}$$

- Para $n = 1, R \sim 10^{13} \text{ cm} \rightarrow \text{descartado.}$
- Para n ≥ 2, R < 1 mm → límite de la comprobación experimental de la ley de Newton.

• Observación de desviaciones en la ley de Newton.

- Observación de desviaciones en la ley de Newton.
 - Muy limitados por problemas mecánicos: Solo pueden acotar n = 2.

- Observación de desviaciones en la ley de Newton.
 - Muy limitados por problemas mecánicos: Solo pueden acotar n = 2.
- Interacciones del gravitón con las partículas del SM.

- Observación de desviaciones en la ley de Newton.
 - Muy limitados por problemas mecánicos: Solo pueden acotar n = 2.
- Interacciones del gravitón con las partículas del SM.
 - Creación directa de gravitón.

- Observación de desviaciones en la ley de Newton.
 - Muy limitados por problemas mecánicos: Solo pueden acotar n = 2.
- Interacciones del gravitón con las partículas del SM.
 - Creación directa de gravitón.
 - Intercambio virtual.

• Las señales son:

- Las señales son:
 - Desviaciones y asimetrías en procesos SM.

- Las señales son:
 - Desviaciones y asimetrías en procesos SM.
 - Producción de nuevos procesos no presentes a nivel árbol en el SM.

• Las señales son:

- Desviaciones y asimetrías en procesos SM.
- Producción de nuevos procesos no presentes a nivel árbol en el SM.
- La amplitud del proceso es proporcional a la suma sobre los propagadores, sin embargo ahora no están limitados cinemáticamente y por tanto la integral diverge → necesidad de poner un corte:

• Las señales son:

- Desviaciones y asimetrías en procesos SM.
- Producción de nuevos procesos no presentes a nivel árbol en el SM.
- La amplitud del proceso es proporcional a la suma sobre los propagadores, sin embargo ahora no están limitados cinemáticamente y por tanto la integral diverge → necesidad de poner un corte:

• Corte tajante sin ninguna justificación.

• Las señales son:

- Desviaciones y asimetrías en procesos SM.
- Producción de nuevos procesos no presentes a nivel árbol en el SM.
- La amplitud del proceso es proporcional a la suma sobre los propagadores, sin embargo ahora no están limitados cinemáticamente y por tanto la integral diverge → necesidad de poner un corte:
 - Corte tajante sin ninguna justificación.
 - Fluctuaciones en el espacio de 3+1 dimensiones.

• Las señales son:

- Desviaciones y asimetrías en procesos SM.
- Producción de nuevos procesos no presentes a nivel árbol en el SM.
- La amplitud del proceso es proporcional a la suma sobre los propagadores, sin embargo ahora no están limitados cinemáticamente y por tanto la integral diverge → necesidad de poner un corte:
 - Corte tajante sin ninguna justificación.
 - Fluctuaciones en el espacio de 3+1 dimensiones.
 - Basado en conceptos de teoría de cuerdas.

 Las posibilidades de ATLAS para ver señales de ED a través de intercambio virtual son:

- Las posibilidades de ATLAS para ver señales de ED a través de intercambio virtual son:
 - Sección eficaz y distribución angular de procesos Drell-Yan.

- Las posibilidades de ATLAS para ver señales de ED a través de intercambio virtual son:
 - Sección eficaz y distribución angular de procesos Drell-Yan.
 - Sección eficaz y distribución angular de procesos a dos fotones.

- Las posibilidades de ATLAS para ver señales de ED a través de intercambio virtual son:
 - Sección eficaz y distribución angular de procesos Drell-Yan.
 - Sección eficaz y distribución angular de procesos a dos fotones.
 - Sección eficaz y distribución angular de procesos a dos jets.

 David Atwood, Shaouly Bar-Shalom y Amarjit Soni calcularon la sección eficaz de producción de dos jets en colisionadores hadrónicos a traves de intercambio virtual de gravitones en el modelo ADD.

- David Atwood, Shaouly Bar-Shalom y Amarjit Soni calcularon la sección eficaz de producción de dos jets en colisionadores hadrónicos a traves de intercambio virtual de gravitones en el modelo ADD.
- Los gravitones tienen spin 2.

- David Atwood, Shaouly Bar-Shalom y Amarjit Soni calcularon la sección eficaz de producción de dos jets en colisionadores hadrónicos a traves de intercambio virtual de gravitones en el modelo ADD.
- Los gravitones tienen spin 2.
- El corte es tajante en $m_{\mathrm{Pl}(4+n)} \sim 1 \,\mathrm{TeV}$.

- David Atwood, Shaouly Bar-Shalom y Amarjit Soni calcularon la sección eficaz de producción de dos jets en colisionadores hadrónicos a traves de intercambio virtual de gravitones en el modelo ADD.
- Los gravitones tienen spin 2.
- El corte es tajante en $m_{\mathrm{Pl}(4+n)} \sim 1 \,\mathrm{TeV}$.
- La sección eficaz resulta:

$$\frac{\mathrm{d}\sigma_i}{\mathrm{d}z} = k_{\rm s} \left[\frac{\pi \alpha_{\rm s}^2}{2s} f(z) - \frac{2\pi \alpha_{\rm s} F}{s} \frac{s^2}{m_{\rm Pl(4+n)}^4} g(z) + \frac{8\pi F^2}{s} \frac{s^4}{m_{\rm Pl(4+n)}^8} h(z) \right]$$

donde $F, k_s, f(z), g(z)$ y h(z) están tabuladas.

Sección Eficaz



Simulación rápida del detector: Atlfast I

plots/jetpt.eps

Simulación rápida del detector: Atlfast II

plots/jetMI.eps

• Se han estudiado señales de dimensiones adicionales en el detector ATLAS consistentes en intercambio virtual de gravitón yendo a dos jets.

- Se han estudiado señales de dimensiones adicionales en el detector ATLAS consistentes en intercambio virtual de gravitón yendo a dos jets.
- El intercambio virtual de gravitón es una señal viable en ATLAS.

- Se han estudiado señales de dimensiones adicionales en el detector ATLAS consistentes en intercambio virtual de gravitón yendo a dos jets.
- El intercambio virtual de gravitón es una señal viable en ATLAS.
- Los observables más importantes son $P_{\rm T}$ y la masa invariante de los dos jets mas energéticos.

- Se han estudiado señales de dimensiones adicionales en el detector ATLAS consistentes en intercambio virtual de gravitón yendo a dos jets.
- El intercambio virtual de gravitón es una señal viable en ATLAS.
- Los observables más importantes son $P_{\rm T}$ y la masa invariante de los dos jets mas energéticos.
- El LHC excluirá el modelo si es relevante al problema de la jerarquía.

• Procesos:

• $e^+ e^- \rightarrow \gamma(Z) + G$,

- $e^+ e^- \to \gamma(Z) + G$,
- $p p \rightarrow g + G$,

- $e^+ e^- \rightarrow \gamma(Z) + G$,
- $p p \rightarrow g + G$,
- $Z \to f\bar{f} + G$.

- $e^+ e^- \to \gamma(Z) + G$,
- $p \ p \to g + G$,
- $Z \to f\bar{f} + G.$
- El gravitón producido se comporta como una partícula masiva, estable, no interacciona y por tanto su señal es de energía perdida en el detector (*missing energy*).

- $e^+ e^- \rightarrow \gamma(Z) + G$,
- $p \ p \rightarrow g + G$,
- $Z \to f\bar{f} + G.$
- El gravitón producido se comporta como una partícula masiva, estable, no interacciona y por tanto su señal es de energía perdida en el detector (*missing energy*).
- El gravitón aparenta tener una distribución de masa continua → los observables, la distribución angular y de energía de la γ(Z) o del jet, son distintos de aquellos procesos que incluyen partículas indetectables de masa fija.

- $e^+ e^- \rightarrow \gamma(Z) + G$,
- $p \ p \to g + G$,
- $Z \to f\bar{f} + G.$
- El gravitón producido se comporta como una partícula masiva, estable, no interacciona y por tanto su señal es de energía perdida en el detector (*missing energy*).
- El gravitón aparenta tener una distribución de masa continua → los observables, la distribución angular y de energía de la γ(Z) o del jet, son distintos de aquellos procesos que incluyen partículas indetectables de masa fija.
- LEP II eliminó el rango entre n = 2, $m_{\text{Pl}(4+n)} \sim 1.45 \text{ TeV y} n = 6$, $m_{\text{Pl}(4+n)} \sim 0.6 \text{ TeV}$.

• QCD

• QCD • $p \ p \rightarrow Z + jets$

- QCD
- $p \ p \to Z + \text{jets}$
- $p \ p \to W + \text{jets}$

- QCD
- $p \ p \to Z + \text{jets}$
- $p \ p \to W + \text{jets}$
- $p \ p \to ZW \ / \ WW \ / \ ZZ \to \text{jets}$