VIVIENDO SOBRE UNA BRANA

Rommel Guerrero

Unidad de Investigación en Ciencias Matemática
Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado

Alejandra Melfo *Omar Rodríguez*
Nelson Pantoja *Rafael Torrealba*
Ruben Ortiz
Susana Zoghbi

Contenido

1. Escenario Randall Sundrum
2. Acoplamiento Einstein campo escalar

   Guerrero, Rodriguez, Torrealba y Ortiz, Gen. Rel. Grav. 38 (2006), [gr-qc/0504080]
3. Branas asimétricas

   Guerrero, Rodriguez y Torrealba, Phys. Rev. D 72 (2005), [hep-th/0510023]
4. Jerarquía sobre un mundo brana doble

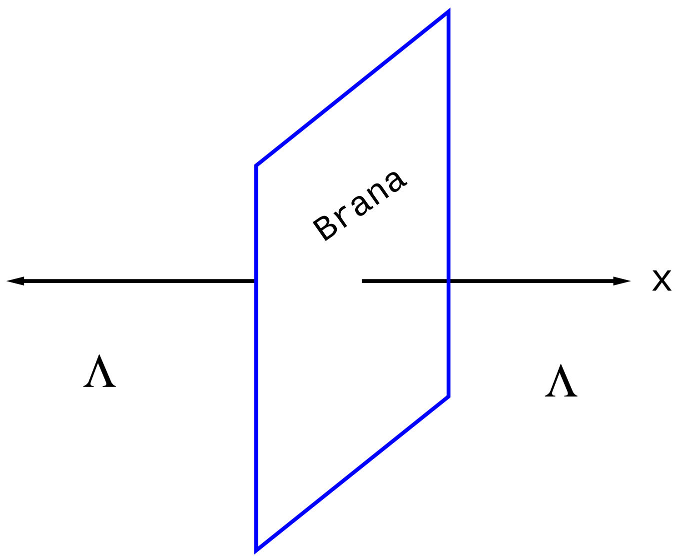
   Guerrero, Melfo, Pantoja y Rodriguez, Phys. Rev. D 74 (2006), [hep-th/0605160]

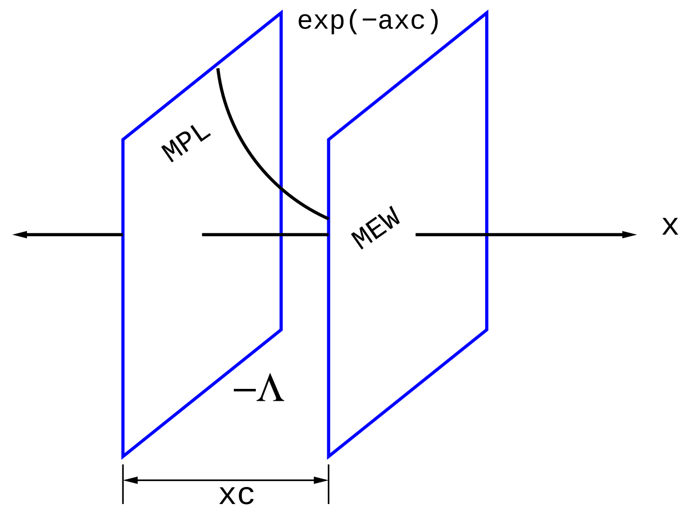
I. Dimensiones Adicionales

Jerarquía de masas $M_{EW}/M_{Pl} = 10^{-17}$

Nuestro Universo corresponde a una hipersuperficie cuatro-dimensional sumergida en un espacio-tiempo de alta dimensionalidad

- Akama (1982)
- Rubakov & Shaposhniko (1983)
- Randall & Sundrum (mayo 1999): $M_{EW} = e^{-\alpha x_c} M_{Pl}$





II. Localización de Gravedad

Randall & Sundrum (junio 1999): Es posible localizar la gravedad sobre una brana inmersa en un espacio-tiempo con una dimensión adicional extendida.

1.- **La geometría**

$$\mathrm{g}_{ab} = f(x)^2(-dt_a dt_b + dy^i_a dy^i_b) + dx_a dx_b, \qquad f(x) = e^{-\alpha|x|}, \qquad \alpha > 0$$

$$G_{ab} + \Lambda \mathrm{g}_{ab} = 6\alpha\delta(x)(dt_a dt_b - dy^i_a dy^i_b), \qquad \Lambda = -6\alpha^2$$

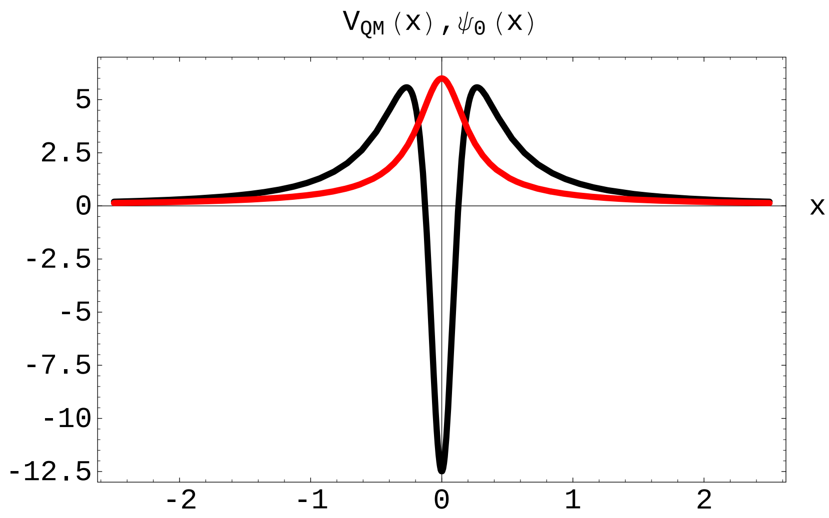
2.- **Radiación gravitacional**

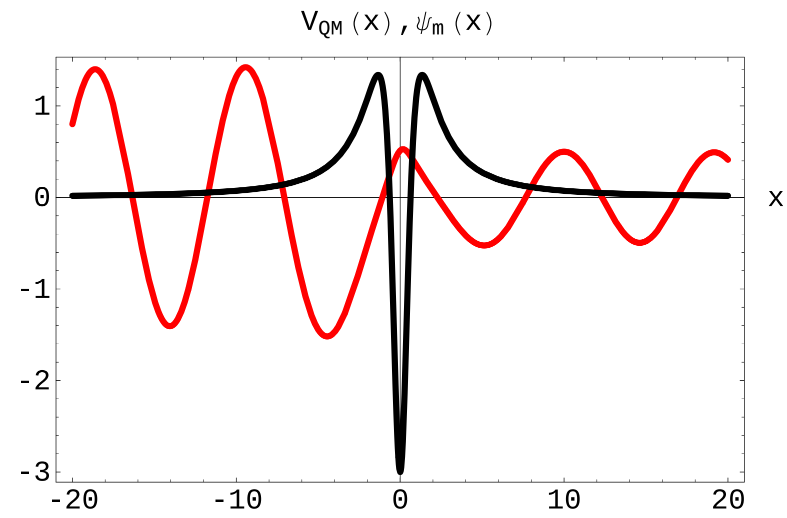
- Coordenada conformal $\chi = \mathrm{sgn}(x)(e^{\alpha|x|} - 1)/\alpha \;\Rightarrow\; ds^2 = f(\chi)^2 \eta_{ab} dy^a dy^b + f(\chi)^2 d\chi^2$
- Fluctuaciones TT $\quad g_{ab} + h_{ab}, \quad \partial^a h_{ab} = 0 = h_c{}^c, \quad h_{ax} = 0$
- Factorizando $\quad h_{\mu\nu} = \Phi(y) f(\chi)^{-3/2} \psi_{\mu\nu}(\chi), \quad \mu, \nu = 0...3$

$$\left(-\partial_\chi^2 + V_{QM}\right)\psi(\chi) = m^2 \psi(\chi), \qquad V_{QM}(\chi) = \frac{3}{4}\frac{f'^2}{f^2} + \frac{3}{2}\frac{f''}{f}, \qquad \Box_{(4)}\Phi(y) = m^2 \Phi(y)$$

$$\left(\partial_\chi + \frac{3}{2}\frac{f'}{f}\right)\left(-\partial_\chi + \frac{3}{2}\frac{f'}{f}\right)\psi = m^2 \psi, \qquad Q^\dagger Q \psi = m^2 \psi \quad \Rightarrow \quad m^2 \geq 0$$

$$V_{QM}(\chi) = \frac{15\alpha^2}{8(1 + \alpha|\chi|)^2} - \frac{3}{2}\alpha\delta(\chi)$$





3.- **Espectro de autofunciones**

- Modo cero

$$\psi_0 \sim \frac{1}{(\alpha|\chi| + 1)^{3/2}}$$

- Modos masivos

$$\psi_m(\chi) \sim (|\chi| + 1/\alpha)^{1/2} \left[Y_2(m(|\chi| + 1/\alpha)) + \frac{4\alpha^2}{\pi m^2} J_2(m(|\chi| + 1/\alpha)) \right]$$

Mientras que el modo cero permanece localizado sobre la 3-brana, los modos masivos se propagan libremente en el *bulk* cinco-dimensional.

4.- **Gravedad sobre la 3-brana**

- Interacción gravitacional

$$V(r) = G\frac{m_1 m_2}{\alpha r}\left[\psi_0(0)^2 + C\int_0^\infty \psi_m(0)^2 e^{-mr}\, dm\right]$$

- Autofunciones sobre la brana

$$\psi_0(0)^2 \longrightarrow \alpha \qquad\qquad \psi_m(0)^2 \longrightarrow \frac{m}{\alpha}$$

- Potencial Newtoniano

$$V(r) = G_N\frac{m_1 m_2}{r}\left(1 + \frac{1}{r^2\alpha^2}\right)$$

- Gravedad Newtoniana para $r \gg \alpha^{-1}$

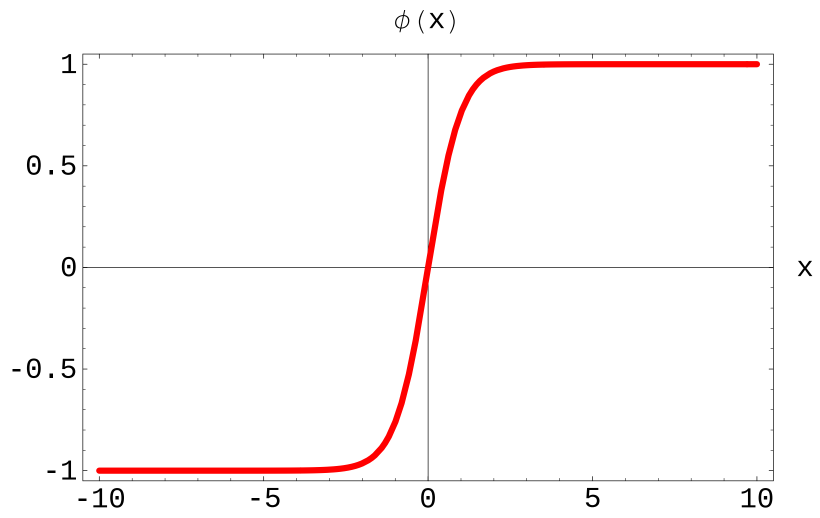
III. Branas Gruesas

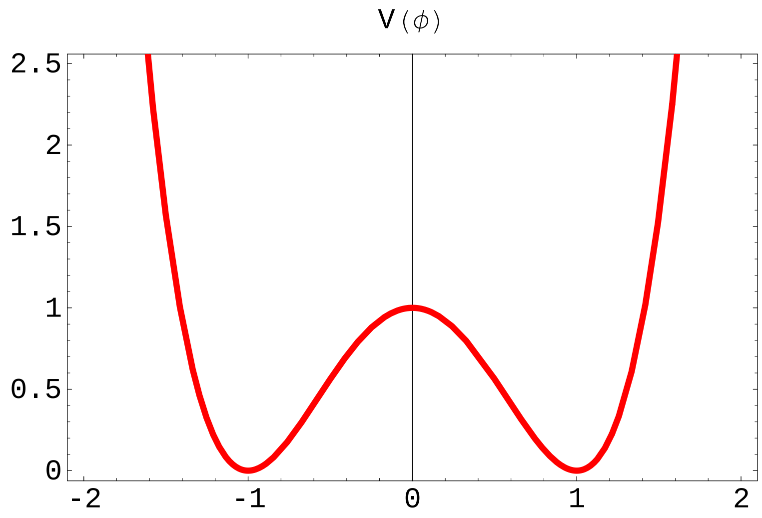
1.- Acoplamiento Einstein campo escalar

$$R_{ab} - \frac{1}{2} g_{ab} R = \nabla_a \phi \nabla_b \phi - g_{ab} \left[\frac{1}{2} \nabla_c \phi \nabla^c \phi + V(\phi) \right]$$

$$\nabla_a \nabla^a \phi - \frac{dV(\phi)}{d\phi} = 0$$

donde $\phi(x)$ interpola asintóticamente y de manera suave entre dos mínimos consecutivos de $V(\phi)$





2.- **Un método para generar soluciones** - Guerrero, Ortiz, Rodriguez & Torrealba (2006)

- En las coordenadas

$$\mathrm{g}_{ab} = g(x)^2(-dt_a dt_b + e^{2\beta t} dy_a^i dy_b^i + dx_a dx_b), \qquad g(x) = \frac{1}{f(x)}$$

- Ecuación para el campo

$$g''(x) - \left(\frac{1}{3}\phi'(x)^2 + \beta^2\right) g(x) = 0$$

- Solución general

$$g(x) = g_1(x)\left(c_1 + c_2\Omega(x)\right), \qquad \Omega(x) \equiv \int_{x_0}^{x} \frac{d\xi}{g_1(\xi)^2}$$

- Singularidad de coordenadas

$$c_1 = 0, c_2 \neq 0 \Rightarrow \Omega(x)|_{x=x_0} = 0 \qquad c_1, c_2 \neq 0 \Rightarrow \Omega(x)|_{x=x_p} = -\frac{c_1}{c_2}$$

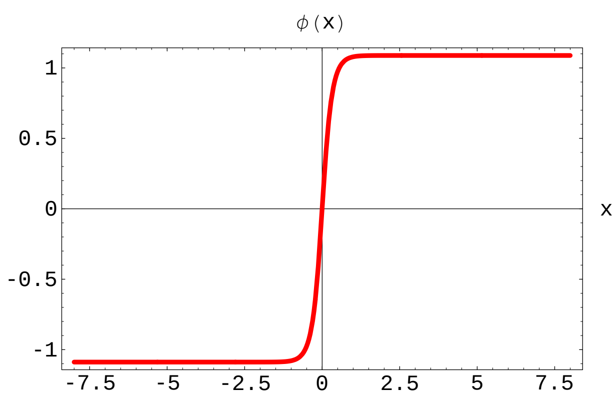
3.- **Una brana gruesa con expansión de Sitter** - G. Goetz (1990)

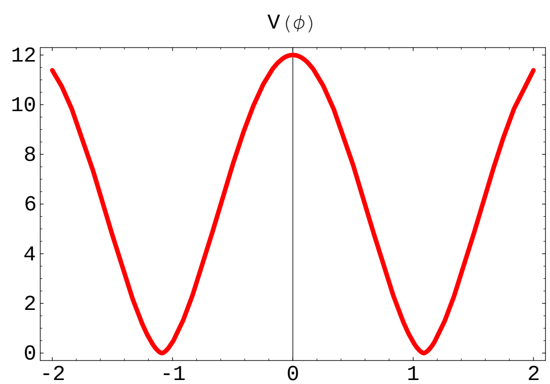
i) La geometría pared de dominio

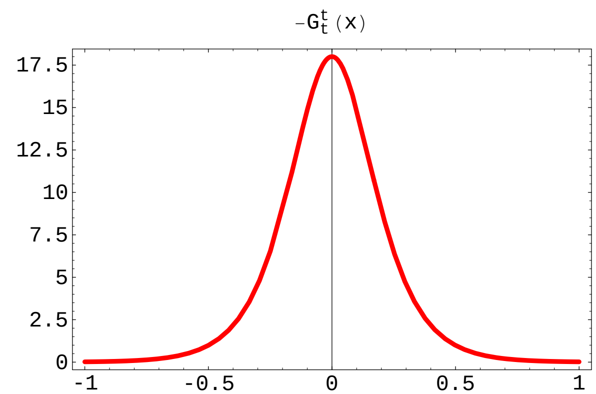
$$g_{ab} = \cosh^{-2\delta}(\beta x/\delta)(-dt_a dt_b + e^{2\beta t} dy^i_a dy^i_b + dx_a dx_b)$$

$$\phi(x) = \phi_0 \tan^{-1}\sinh(\beta x/\delta), \qquad \phi_0 = \sqrt{3\delta(1-\delta)}$$

$$V(\phi) = \frac{3}{2}\left(3 + \frac{1}{\delta}\right)\beta^2 \cos^{2(1-\delta)}(\phi/\phi_0) \quad \Rightarrow \quad \Lambda = 0$$





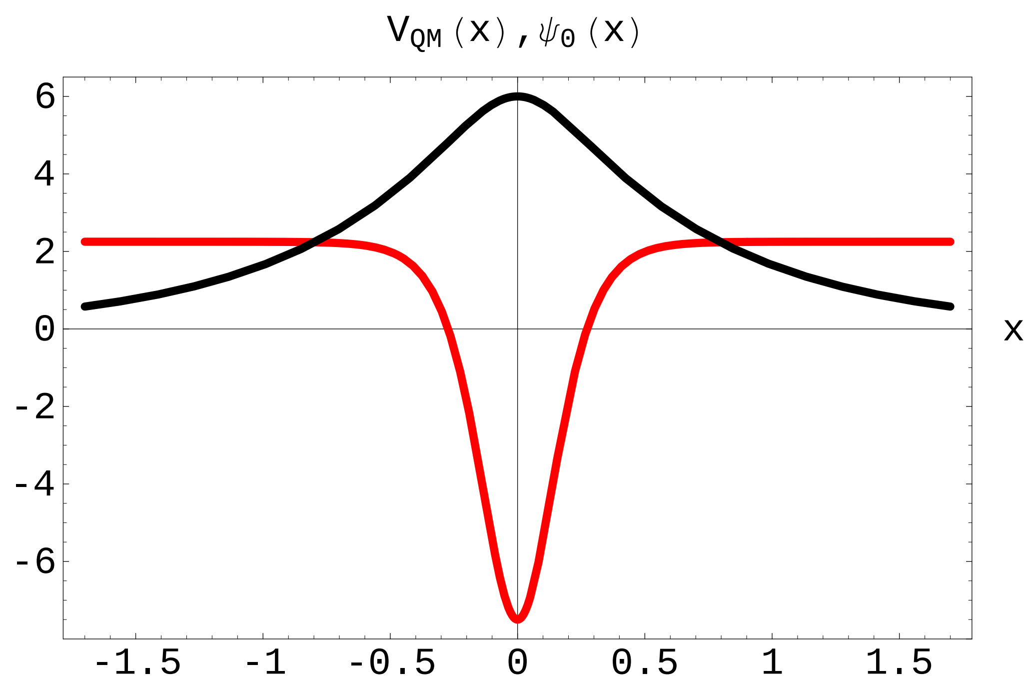


ii) Localización de gravedad - Wang (2002)

$$h_{\mu\nu} = \Phi(y) f(x)^{1/2} \psi_{\mu\nu}(x), \qquad Q^\dagger Q\psi = m^2\psi, \qquad m^2 \to m^2 - 2\beta^2$$

$$V_{QM} = \frac{9}{4}\beta^2 - \frac{3}{2}\beta^2\left(\frac{3}{2} + \frac{1}{\delta}\right)\cosh(\beta x/\delta)^{-2}, \qquad \psi_0 = N[\cosh^{-\delta}(\beta x/\delta)]^{3/2}$$

$\exists$ una brecha de masa igual a $9\beta^2/4$ entre el modo cero y el continuo de estados masivos no localizados



iii) Límite de pared delgada $\delta \to 0$ - Guerrero, Melfo & Pantoja (2002)

$$ds^2 = e^{-2\beta|x|}(-dt^2 + e^{2\beta t} dy^i dy^i + dx^2)$$

iv) Potencial de Newton

- Kehagias & Tamvakis (2002)
- Ghoroku, Nakamura & Yahiro (2003)

$$V(r) = \frac{G m_1 m_2}{r}\left[1 + C\frac{1}{\beta^2 r^2}\right], \qquad \beta \ll 1$$

...sólo es posible reproducir gravedad newtoniana sobre branas dS en *bulk* AdS.

4.- Una brana asimétrica con expansión dS - Guerrero, Rodriguez & Torrealba (2005)

i) La geometría pared de dominio $\beta > 0, \;\; \delta = 1/4, \;\; c_1 = 1, \;\; c_2 = \lambda$

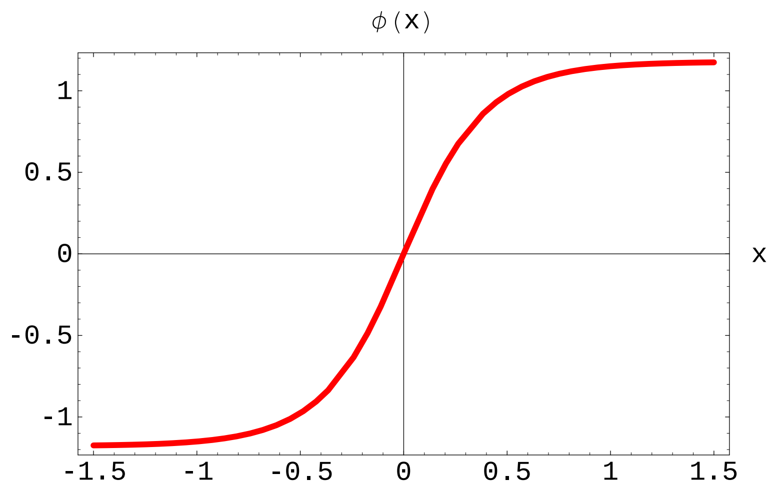
$$\phi(x) = \phi_0 \arctan\left(\sinh\; 4\beta x\right), \qquad \phi_0 = 3/4$$

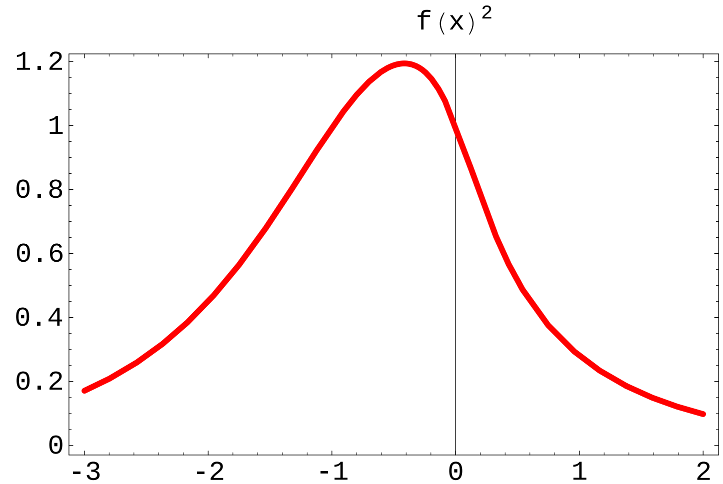
$$g(x) = \frac{1}{2\beta} \cosh^{1/4}(4\beta x)\, \mathcal{H}(x), \quad 2\beta/\varepsilon > \lambda > 0$$

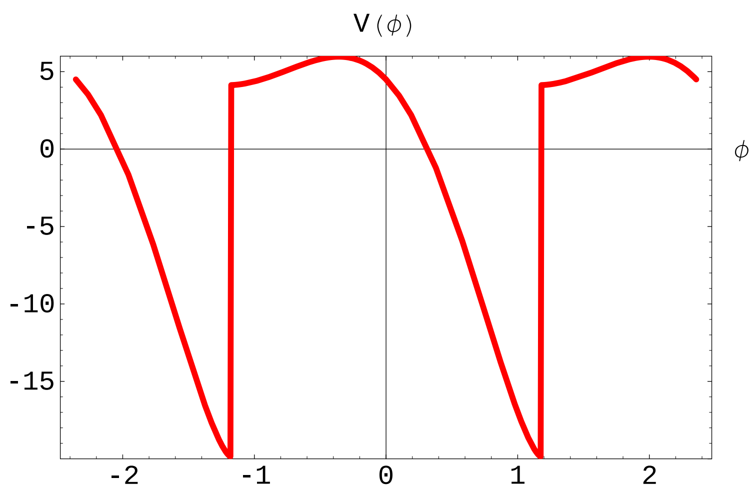
$$\mathcal{H}(x) \equiv 2\beta - \lambda\, iF[2i\beta x, 2]$$

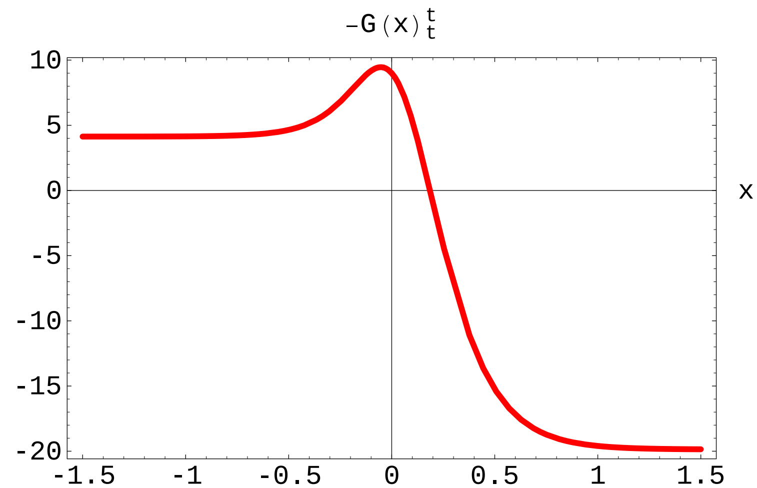
$$V(\phi) = \frac{21}{8}\, |\cos\; 4\phi/3|^{3/2}\, \mathcal{H}(\phi)^2 -$$

$$6\,\lambda\, |\cos\; 4\phi/3|^2\, \mathcal{H}(\phi)\; \tan(4\phi/3) - 6\,\lambda^2\, |\cos\; 4\phi/3|^{1/2}$$


ϕ(x)
1
0.5
0
-0.5
-1
x
-1.5 -1 -0.5 0 0.5 1 1.5


f(x)²
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-3 -2 -1 0 1 2


V(ϕ)
5
0
-5
-10
-15
ϕ
-2 -1 0 1 2

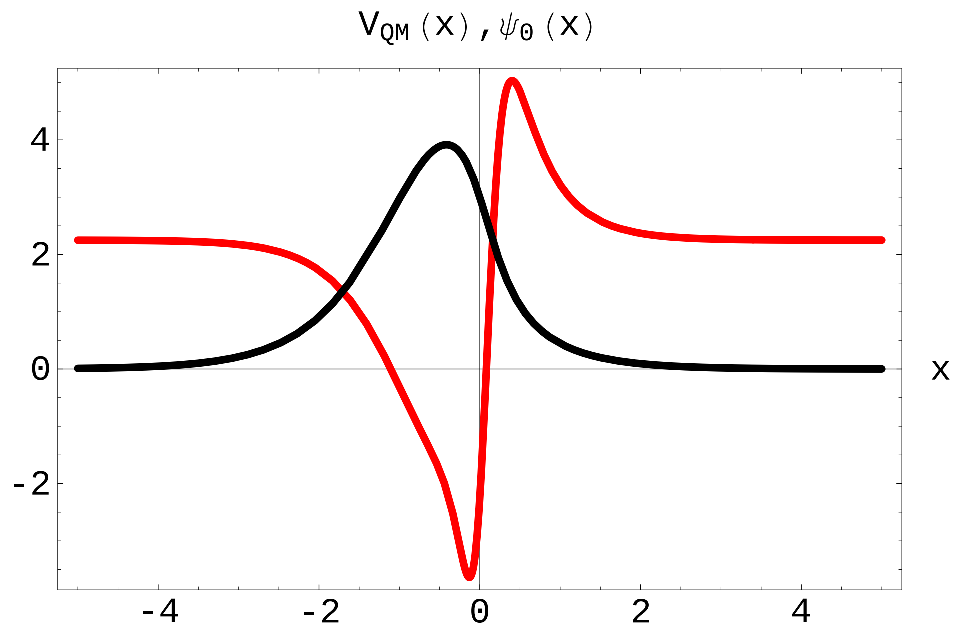

-G(x)ᵗₜ
10
5
0
-5
-10
-15
-20
x
-1.5 -1 -0.5 0 0.5 1 1.5

ii) Localización de gravedad

$$V_{QM}(x) = \frac{15\beta^2}{\cosh^2(4\beta x)\mathcal{H}(x)^2}[\alpha^2\cosh(4\beta x) + \frac{\alpha}{2}\cosh^{-1/2}(4\beta x)\sinh(8\beta x)\mathcal{H}(x) - \frac{1}{40}(19 - 3\cosh 8\beta x)\mathcal{H}(x)^2]$$

$$\psi_0 = N\left[\frac{1}{2\beta}\cosh^{1/4}(4\beta x)\,\mathcal{H}(x)\right]^{-3/2}$$

$\exists$ una brecha de masa igual a $9\beta^2/4$ entre el modo cero y el continuo de estados masivos no localizados



iii) Límite de pared delgada - Guerrero, Rodriguez & Zoghbi

$$ds^2 = g(x)^{-2}(-dt^2 + e^{2\beta t} dy^i dy^i + dx^2)$$

$$\lim_{\delta \to 0} g(x) = e^{\beta |x|} + \frac{\lambda}{\beta} \sinh(\beta x)$$

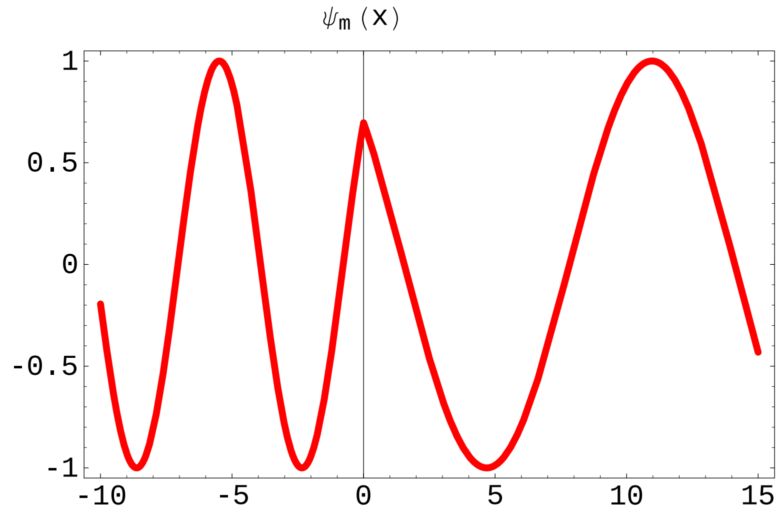
$$\Lambda_> = -6\lambda(2\beta + \lambda) \qquad \Lambda_< = 6\lambda(2\beta - \lambda)$$

iv) Modos masivos

$$\begin{aligned}\psi_{m>}(x) &= A_+ \, [\lambda\,(z-1)]^a \, e^{-ikx} \; {}_2F_1\,[a\,, b - ik/\beta\,, c - ik/\beta\,; z] \\ &\quad + B_+ \, [\lambda\,(z-1)]^a \, e^{ik\xi} \; {}_2F_1\,[\,a\,, b + ik/\beta\,, c + ik/\beta\,; z\,] \ ,\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\psi_{m<}(x) &= A_- \, [\lambda\,(z-1)]^a \, e^{-ik\xi} \; {}_2F_1\,[\,a\,, b - ik/\beta\,, c - ik/\beta\,; z] \\ &\quad + B_- \, [\,\lambda\,(z-1)]^a \, e^{ikx} \; {}_2F_1\,[a\,, b + ik/\beta\,, c + ik/\beta\,; z\,] \ ,\end{aligned}$$

$$a = \frac{5}{2}, \qquad b = \frac{5}{2}, \qquad k^2 = m^2 - \frac{9}{4}\beta^2, \qquad z = \begin{cases} \left[\frac{2\beta+\lambda}{\lambda}\right] e^{2\beta x} \ , & x > 0 \\ \left[\frac{-2\beta+\lambda}{\lambda}\right] e^{-2\beta x}, & x < 0 \end{cases}$$



vi) Condiciones de borde sobre la brana

– Continuidad de la función de onda

$$\psi_{m>}(0) = \psi_{m<}(0)$$

– Discontinuidad en la primera derivada

$$\frac{d}{dx}\psi_{m>}(0) - \frac{d}{dx}\psi_{m<}(0) = -\frac{1}{2}(6\beta)\psi_m(0)$$

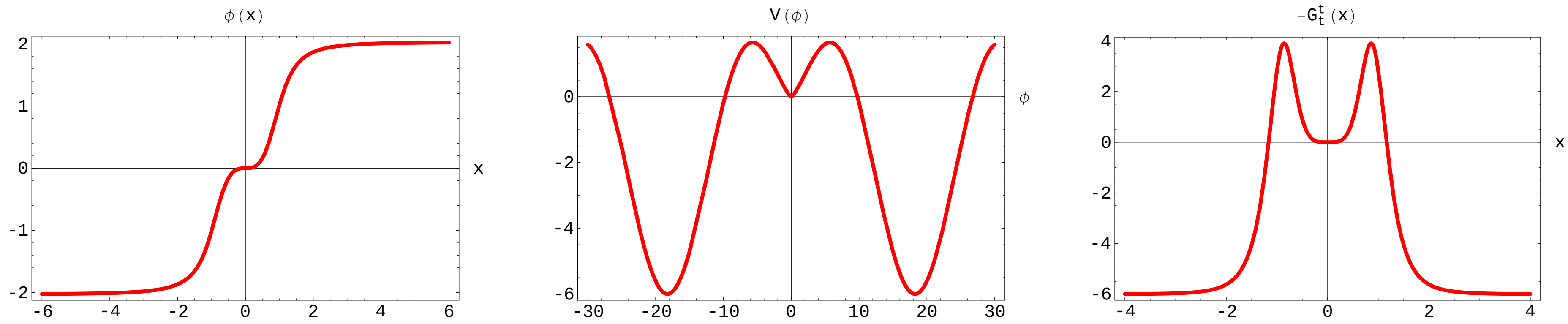
5.- **Un espacio-tiempo pared doble** - Melfo, Pantoja & Skirzewski (2003)

i) La geometría pared de dominio

$$g_{ab} = (1 + (\alpha x)^{2s})^{-\frac{1}{s}}(-dt_a dt_b + dy^i_a dy^i_b + dx_a dx_b), \qquad s > 1$$

$$\phi(x) = \phi_0 \tan^{-1}(\alpha^s x^s), \qquad \phi_0 = \frac{\sqrt{3(2s-1)}}{s}$$

$$V(\phi) = 3\alpha^2 \sin(\phi/\phi_0)^{2-2/s}\left[\frac{2s+3}{2}\cos(\phi/\phi_0)^2 - 2\right], \quad \Lambda = -6\alpha^2$$

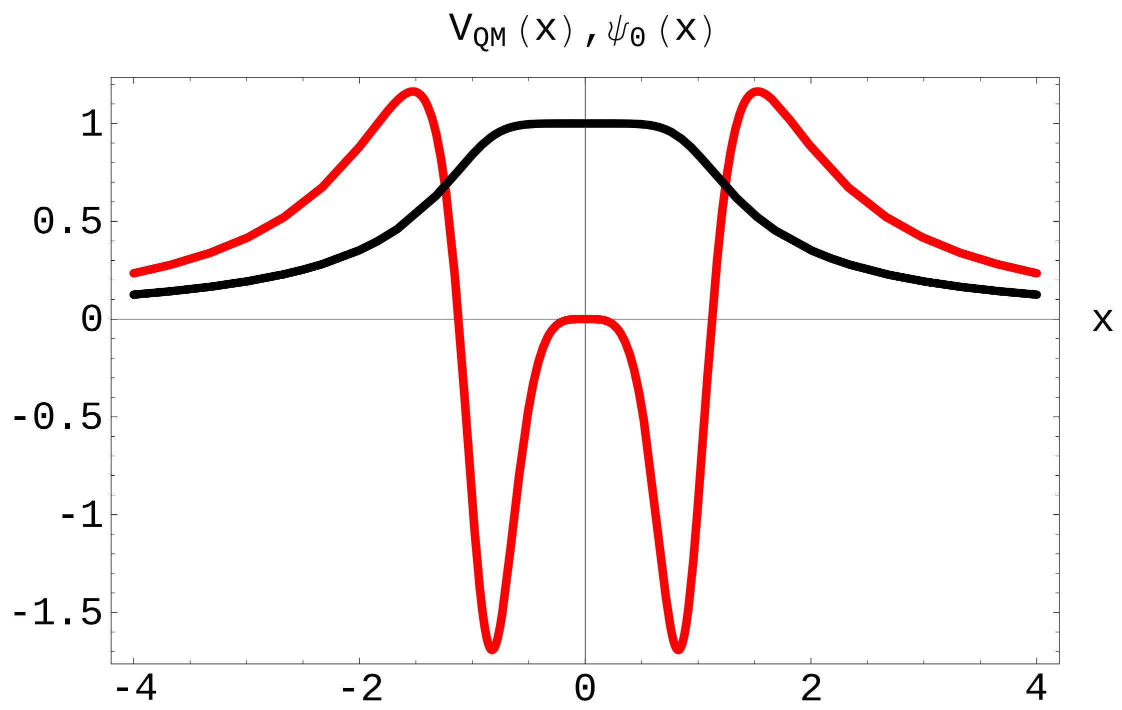


ii) <u>Localización de gravedad</u> - Castillo, Melfo, Pantoja & Ramirez (2004)

$$h_{\mu\nu} = e^{ip\cdot y} f(x)^{1/2} \psi_{\mu\nu}(x), \qquad Q^\dagger Q\psi = m^2\psi$$

$$V_{QM} = \frac{3}{4x^2}\frac{5(\alpha x)^{4s} + 2(\alpha x)^{2s} - 4s(\alpha x)^{2s}}{(1+(\alpha x)^{2s})^2}, \qquad \psi_0 = N[(1+(\alpha x)^{2s})^{-\frac{1}{2s}}]^{3/2}$$

$\exists$ un estado ligado en el umbral de m y un continuo de estados masivos no localizados



6.- **Una brana doble asimétrica** - Guerrero, Rodriguez & Torrealba (2005)

i) La geometría pared de dominio $\beta = 0,\ c_1 = 1,\ c_2 = \lambda$

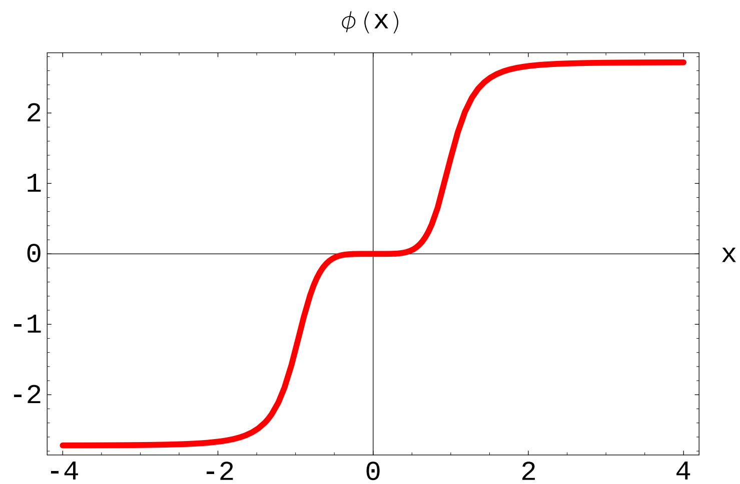
$$\phi = \phi_0 \arctan(\alpha^s\, x^s), \qquad \phi_0 = \frac{\sqrt{3(2s-1)}}{s}, \qquad s > 1$$

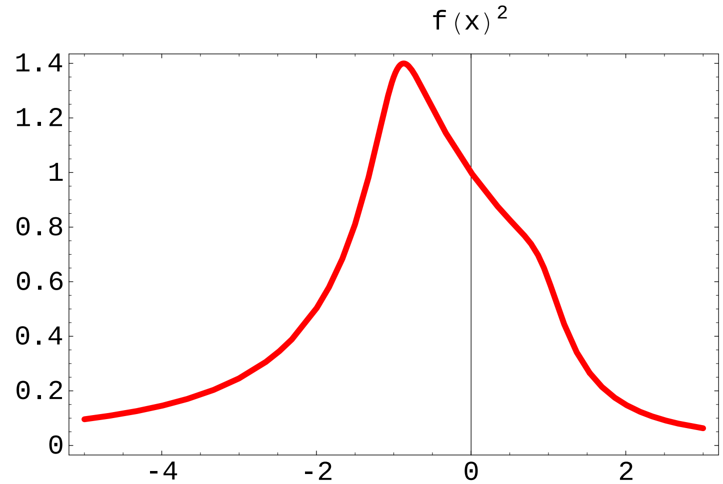
$$g = \left[1 + (\alpha\, x)^{2s}\right]^{1/2s} \left(1 + \lambda\, x\; {}_2F_1[\frac{1}{2s}, \frac{1}{s}, 1 + \frac{1}{2s}, -(\alpha\, x)^{2s}]\right)$$

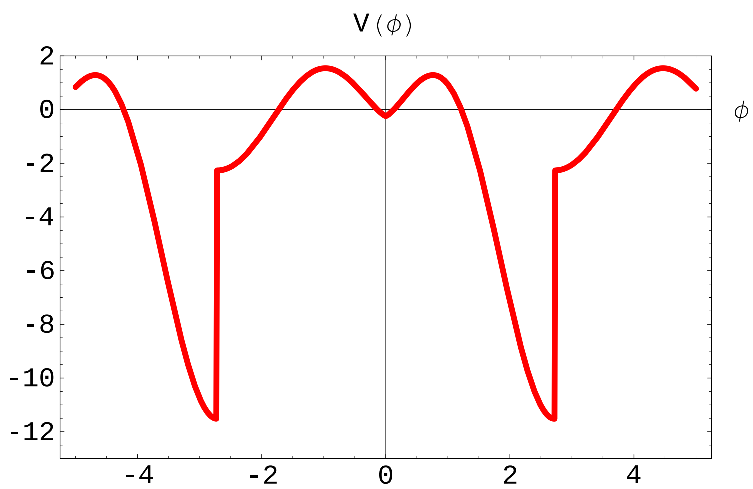
$$|\alpha|\, \frac{\Gamma(k)}{\Gamma(l)\, \Gamma(n)} > \lambda > 0$$

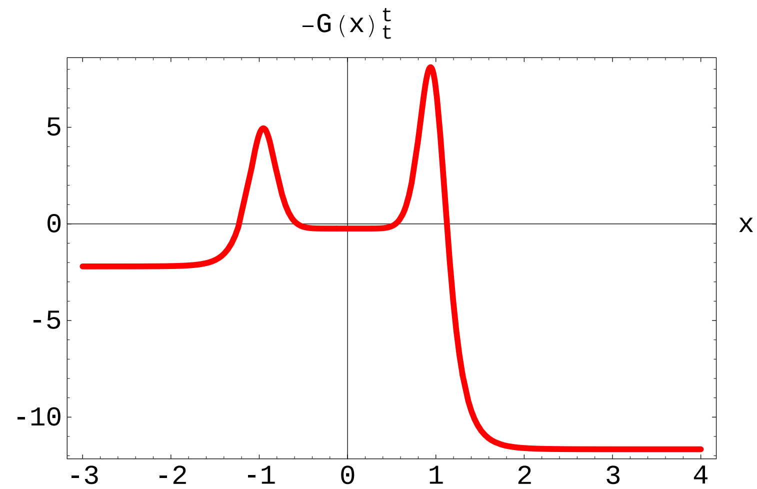
$$V(\phi) = -6\lambda^2 \cos^{2/s}(\phi/\phi_0) - \frac{3}{4} \sin^2(\phi/\phi_0) \tan^{-2/s}(\phi/\phi_0) \mathcal{K}(\phi) \times$$
$$\left\{16\lambda \tan^{1/s}(\phi/\phi_0) + \cos^{-2/s}(\phi/\phi_0)\,(5 - 2s - (3+2s)\cos(2\phi/\phi_0))\, \mathcal{K}(\phi)\right\}$$

$$\mathcal{K}(\phi) \equiv \alpha + \lambda \tan^{1/s}(\phi/\phi_0)\; {}_2F_1[\frac{1}{2s}, \frac{1}{s}, 1 + \frac{1}{2s}, -\tan^2(\phi/\phi_0)]$$


ϕ(x)
x


f(x)²

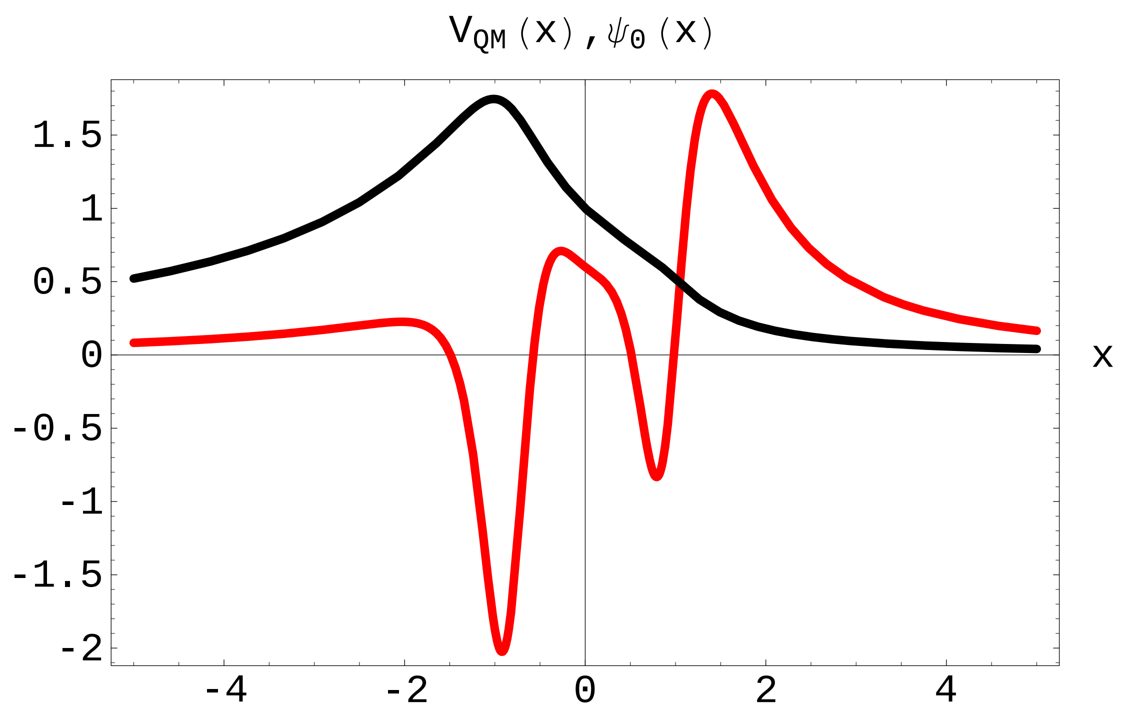

V(ϕ)
ϕ


-G(x)ᵗₜ
x

ii) Localización de gravedad

$$\psi_0 = N\alpha^{3/2}\left[1 + (\alpha x)^{2s}\right]^{-3/(4s)} \mathcal{K}(x)^{-3/2}$$

- $\exists$ un estado ligado en el umbral de m y un continuo de estados masivos no localizados
- La gravedad resulta localizada sobre una de las sub-branas



IV. Localización de Fermiones sobre Branas Gruesas

- Coordenadas de longitud propia

$$ds^2 = e^{2A(x)}\eta_{ab}dy^a dy^b + dx^2, \qquad f(x) = e^{A(x)}$$

- Ecuación Dirac 5-dimensional

$$\Gamma^a \nabla_a \Psi(x,y) = 0, \qquad \Psi(x,y)_\pm = \xi(y)_\pm u(x)_\pm$$

- Exigiendo que $\xi(y)_\pm$ satisfaga $\gamma^\mu \partial_\mu \xi(y)_\pm = 0$

$$\left(\partial_x + 2A'\right) u(x)_\pm = 0, \qquad u(x)_\pm \sim e^{-2A(x)}$$

Bajc & Gabadadze (2000)

- Introduciendo un acoplamiento Yukawa $\eta_F \overline{\Psi}\Psi\phi$

$$\left(\partial_x + 2A' \pm \eta_F\, \phi\right) u(x)_\pm = 0, \qquad u(x)_\pm \sim e^{-2A(x)} e^{\mp\eta_F \int \phi(x)dx}$$

V. Gravitones y Fermiones sobre Branas Asimétricas

- Ecuaciones BPS en coordenadas de longitud propia - Skenderis & Towsend (1999)

$$V(\phi) = \frac{9}{2}\left(\frac{dW}{d\phi}\right)^2 - 6W^2, \qquad \phi' = 3\frac{dW}{d\phi}, \qquad A' = -W$$

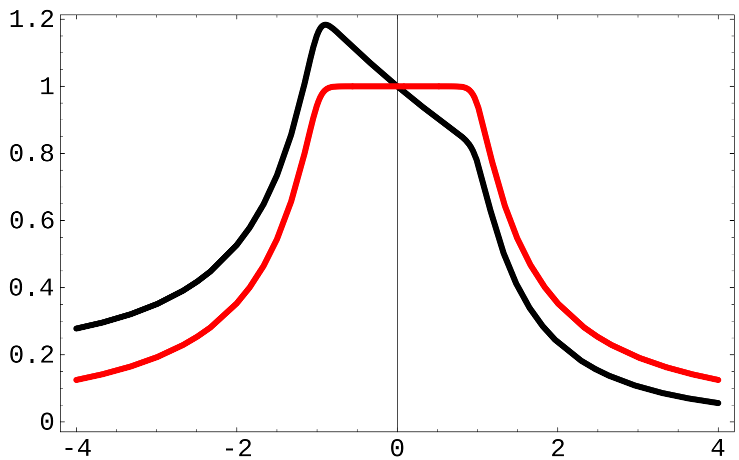
- Gravitones y fermiones simétricos

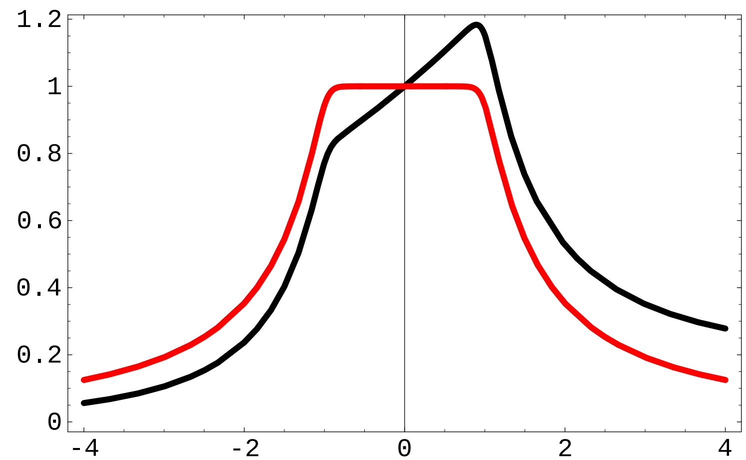
$$\psi_0 \sim e^{3A(x)/2}, \qquad u(x) \sim e^{-2A(x)} e^{\mp\eta_F \int \phi(x)dx}$$

- Introduciendo un parámetro de asimetría

$$\tilde{W} = W + \lambda, \qquad \tilde{A}(x) = A(x) - \lambda x$$

$$\tilde{\psi}_0 \sim \psi_0 e^{-3\lambda x/2} \qquad\qquad \tilde{u}(x) \sim u(x) e^{2\lambda x}$$



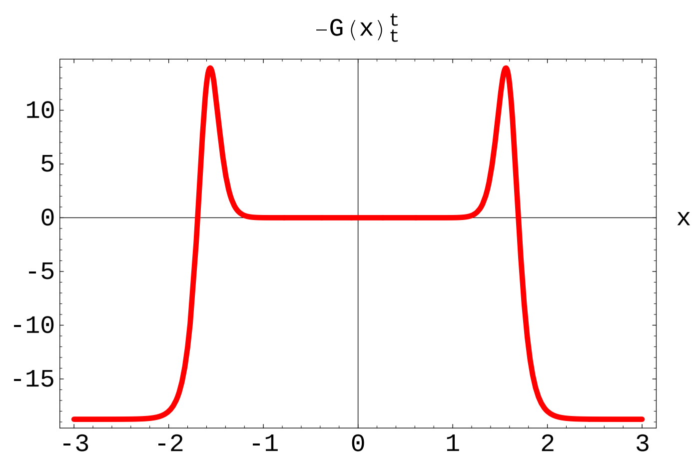


VI. Jerarquía en un Mundo Brana Doble

1.- **En coordenadas más generales** $ds^2 = e^{2A(x)}\eta_{ab}dy^a dy^b + e^{2H(x)}dx^2$

2.- **Solución simétrica** - Melfo, Pantoja & Skirzewski (2003)

$$
\begin{aligned}
W(\phi) &= \alpha(\sin\phi/\phi_0)^{\frac{2s-1}{s}}, \qquad \phi_0 = \frac{\sqrt{3\delta(2s-1)}}{s} \\
A(x) &= \delta H(x), \qquad H(x) = -\frac{1}{2s}\ln[1+(\frac{\alpha x}{\delta})^{2s}], \\
\phi(x) &= \phi_0 \arctan(\frac{\alpha x}{\delta})^s, \\
V(\phi) &= 3\alpha^2(\sin\phi/\phi_0)^{2-2/s}\left[\frac{2s+4\delta-1}{2\delta}\cos^2\phi/\phi_0 - 2\right], \qquad \Lambda_\pm = -6\alpha^2, \quad \Lambda_{\text{in}} = 0
\end{aligned}
$$

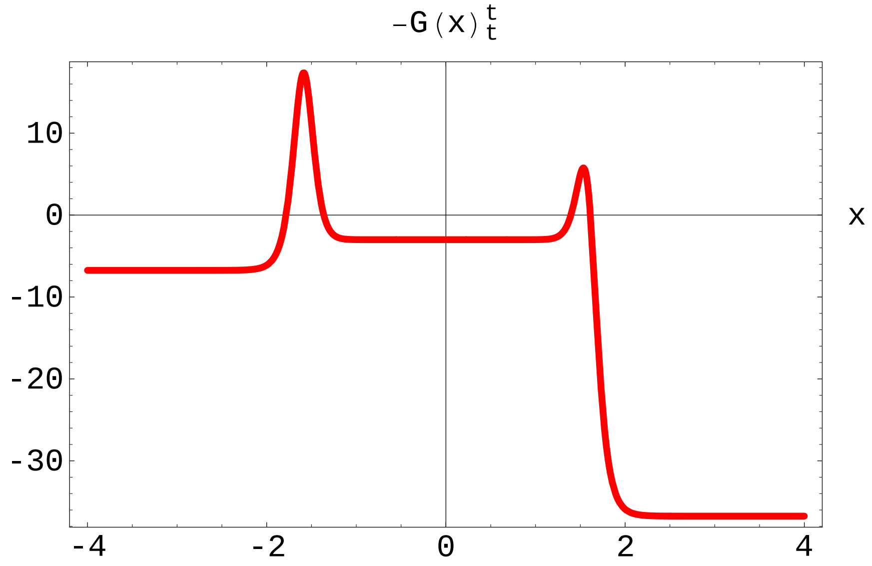


3.- **Solución asimétrica** - Guerrero, Melfo, Pantoja & Rodriguez (2006)

$$\tilde{W} = W + \lambda$$

$$\begin{aligned}
\tilde{A}(x) &= A(x) - \lambda x \,{}_2F_1[\frac{1}{2s}, \frac{1}{2s}, 1 + \frac{1}{2s}, -(\alpha x/\delta)^{2s}], \\
\tilde{H}(x) &= H(x), \\
\tilde{\phi}(x) &= \phi(x), \\
\tilde{V}(\phi) &= V(\phi) - 6\lambda[\lambda + 2\alpha(\sin\phi/\phi_0)^{2-1/s}]
\end{aligned}$$

$$\Lambda_- = -6(\alpha - \lambda)^2, \qquad \Lambda_0 = -6\lambda^2, \qquad \Lambda_+ = -6(\alpha + \lambda)^2, \qquad \alpha > \lambda$$



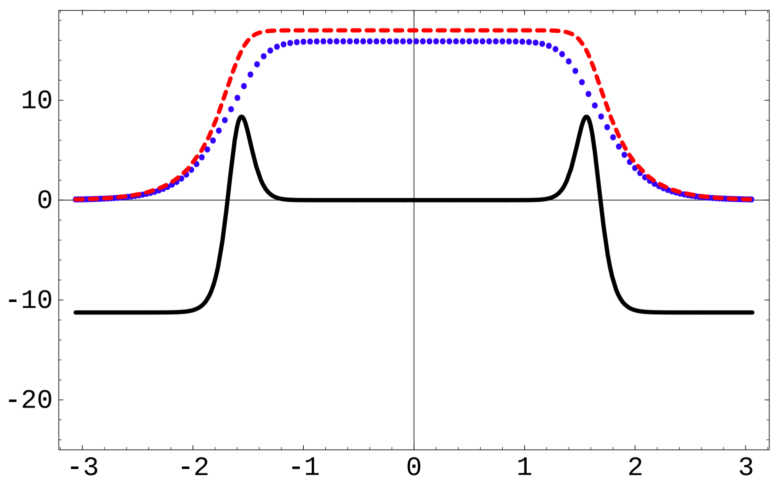
4.- **Modo cero gravitacional**

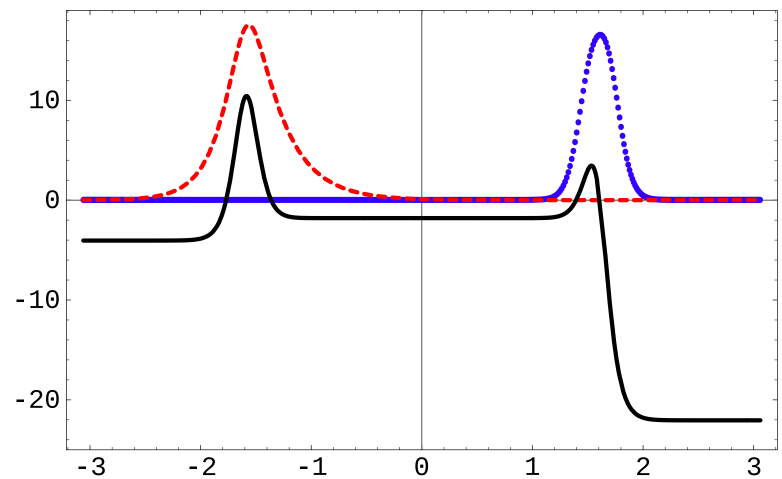
$$\tilde{\psi}_0(x) \sim \Theta(-x)\,|x|^{\frac{-3\delta}{2\lambda}\sqrt{\frac{|\Lambda_-|}{6}}} + \Theta(x)\,|x|^{\frac{-3\delta}{2\lambda}\sqrt{\frac{|\Lambda_+|}{6}}}$$

5.- **Fermiones no masivos**

$$\tilde{u}(x) \sim \Theta(-x)|x|^{(2\sqrt{\frac{|\Lambda_-|}{6}}-\eta_F\frac{\pi}{2}\phi_0)} + \Theta(x)|x|^{(2\sqrt{\frac{|\Lambda_+|}{6}}-\eta_F\frac{\pi}{2}\phi_0)}$$

$$\eta_F > \frac{4}{\pi\phi_0}\sqrt{\frac{|\Lambda_+|}{6}}$$





VII. Jerarquía sobre la brana doble

1.- **Modos masivos sobre las sub-branas**

- $s \longrightarrow \infty$
- $ds^2 = e^{2\tilde{A}(\chi)}\left(-dt^2 + dy^i dy^i + d\chi^2\right)$

$$\tilde{\psi}_m(\chi) = N_m \begin{cases} (k_+^{-1})^{1/2}\left[Y_2(m/k_+) + C_+ J_2(m/k_+)\right], & \chi = \chi_+ \\ (k_0^{-1} + \chi_\pm)^{1/2}\left[A\, Y_2(m(k_0^{-1} + \chi_\pm)) + B\, J_2(m(k_0^{-1} + \chi_\pm))\right], & \chi = \chi_\pm \\ (k_-^{-1})^{1/2}\left[Y_2(m/k_-) + C_- J_2(m/k_-)\right], & \chi = \chi_- \end{cases}$$

2.- **Condiciones de borde**

$$\tilde{\psi}_m^+(\chi_+) = \psi_m^0(\chi_+), \qquad \frac{d}{d\chi}\tilde{\psi}_m^+(\chi_+) - \frac{d}{d\chi}\tilde{\psi}_m^0(\chi_+) = -3\alpha e^{-\lambda\delta/\alpha}\tilde{\psi}_m(\chi_+)$$

$$\tilde{\psi}_m^-(\chi_-) = \tilde{\psi}_m^0(\chi_-), \qquad \frac{d}{d\chi}\tilde{\psi}_m^0(\chi_-) - \frac{d}{d\chi}\tilde{\psi}_m^-(\chi_-) = -3\alpha e^{\lambda\delta/\alpha}\tilde{\psi}_m(\chi_-)$$

3.- **Correciones**

$$\tilde{V}(r) \sim G\frac{m_1 m_2}{r}\left[|\tilde{\psi}_0(\chi_\pm)|^2 + \int_0^\infty |\tilde{\psi}_m(\chi_\pm)|^2\, e^{-mr}\, dm\right]$$

4.- **Modos masivos aproximados**

$$\begin{aligned}
\tilde{\psi}_m(\chi_+) &\sim \frac{1}{4}\left[\frac{\lambda}{5}\left(1-\frac{\lambda^2}{\alpha^2}\right)\right]^{1/2}\left(\frac{m}{\alpha\, e^{-\lambda\delta/\alpha}}\right)^{5/2} \\
\tilde{\psi}_m(\chi_-) &\sim \frac{1}{4}\left[\frac{\lambda}{5}\left(1-\frac{\lambda^2}{\alpha^2}\right)\right]^{1/2}\left(\frac{m}{\alpha\, e^{-\lambda\delta/\alpha}}\right)^{5/2} e^{3\lambda\delta/2\alpha}
\end{aligned}$$

5.- **Potencial de Newton**

$$V^{+}(r) = \frac{G^{+} m_1 m_2}{r}\left[1 + \left(\frac{r_c}{r}\right)^6\right], \qquad G^{+} = G_5 (N_0)^2 e^{-3\lambda\delta/\alpha}$$

$$V^{-}(r) = \frac{G^{-} m_1 m_2}{r}\left[1 + \left(\frac{r_c}{r}\right)^6\right], \qquad G^{-} = G_5 (N_0)^2 e^{3\lambda\delta/\alpha}, \qquad r_c \sim e^{\lambda\delta/\alpha}$$

Gravedad Newtoniana para $r \gg r_c$

6.- **Jerarquía**

$$G^{+} = e^{-6\lambda\delta/\alpha} G_{-} \quad \Rightarrow \quad M_{Pl}^{+} = e^{3\lambda\delta/\alpha} M_{Pl}^{-}$$

A partir de una M_{Pl}^{-} del orden TeV es posible obtener una M_{Pl}^{+} del orden 10^{19} GeV, escogiendo $3\lambda\delta/\alpha \sim 12$

Sumario

- Sustentado en la linealización de una de las ecuaciones del sistema acoplado Einstein campo escalar, encontramos un mecanismo para generar nuevas soluciones al acoplamiento.
- A partir del mecanismo, encontramos dos configuraciones asimétricas. La primera corresponde a una brana con expansión de sitter ubicada en la interface de un espacio-tiempo con curvaturas diferentes a cada lado de la pared. La segunda, corresponde a un espacio-tiempo estático y asimétrico, donde la brana es una estructura sustentada sobre dos hipersuperficies.
- Sobre ambas estructuras asimétricas fue posible localizar gravedad. Específicamente, sobre la brana estática se encontró que la gravedad selecciona una de las sub-paredes para realizar nuestro Universo.
- A partir de un falso superpotencial, se encontró una pared con estructura interna inmersa en un espacio-tiempo con curvaturas asintóticas AdS diferentes. La asimetría del sistema se manifestó en la localización del modo cero de las fluctuaciones gravitacionales y espinoriales. Tales fluctuaciones yacen localizadas sobre branas diferentes.
- La marcada supresión de la gravedad sobre la brana débil, permitió una realización explícita del problema de jerarquía sobre esta brana.