restart : *clear* :

« , x v (. 5 - 1) .
(x , y , z) . t = 0 - ,
, t x = v t , y = z = 0 .
с учетом запаздывания, т.е. положение в момент t' = t – r'/c (5.1), где r′ – расстояние от заряда до точки P в этот запаздывающий момент. В это более раннее время t' заряд был в x – vt′, так что

$r_{zap}(t_{zap}) := \sqrt{(x - v\cdot t_{zap})^2 + y^2 + z^2}$ (5.2)

$$t_{zap} \rightarrow \sqrt{(x - v\, t_{zap})^2 + y^2 + z^2} \qquad \textbf{(1)}$$

Чтобы найти r′ или t′, это уравнение надо сопоставить с (5.1). Исключим сперва r′, решив (5.1) относительно r′, и подставив в (5.2). Возведя затем обе части в квадрат, получим

$c^2\,(t - t_{zap})^2 = (-t_{zap}\, v + x)^2 + y^2 + z^2$

$solve\left(c^2\,(t - t_{zap})^2 = (-t_{zap}\, v + x)^2 + y^2 + z^2, t_{zap}\right)$

$$\frac{c^2\, t - v\, x + \sqrt{c^2\, t^2\, v^2 - 2\, c^2\, t\, v\, x + c^2\, x^2 + c^2\, y^2 + c^2\, z^2 - v^2\, y^2 - v^2\, z^2}}{c^2 - v^2}, \qquad \textbf{(2)}$$
$$-\frac{-c^2\, t + v\, x + \sqrt{c^2\, t^2\, v^2 - 2\, c^2\, t\, v\, x + c^2\, x^2 + c^2\, y^2 + c^2\, z^2 - v^2\, y^2 - v^2\, z^2}}{c^2 - v^2}$$

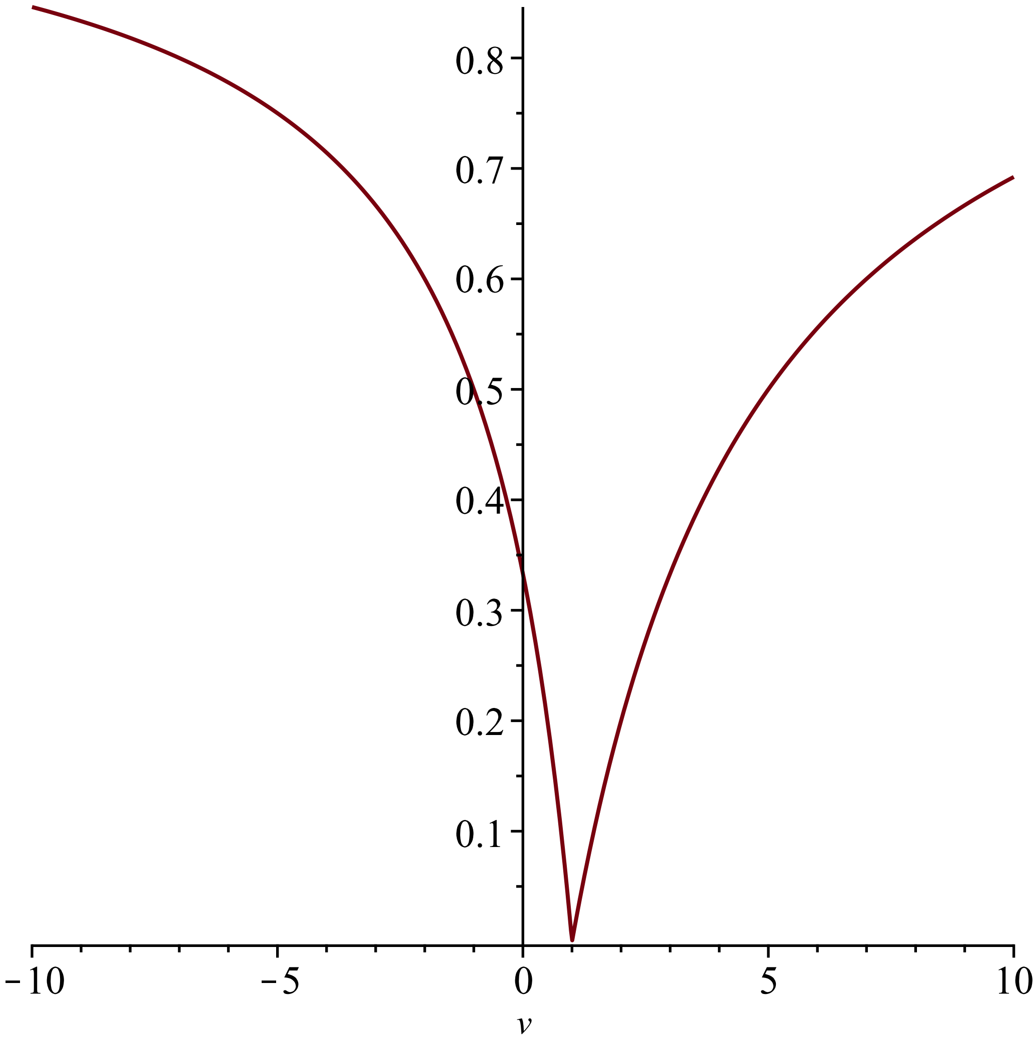
$(x - v\cdot t_{zap})^2 + y^2 + z^2 - c^2 (t - t_{zap})^2$

t_{zap} t_{zap1} t_{zap2}.

,

$$t_{zap1}(t, x, y, z, v, c) := \frac{t - \frac{x\cdot v}{c^2} - \frac{1}{c}\sqrt{(x - v\cdot t)^2 + \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)\cdot (y^2 + z^2)}}{1 - \frac{v^2}{c^2}} : t_{zap2}(t, x, y, z, v, c)$$
$$:= \frac{t - \frac{x\cdot v}{c^2} + \frac{1}{c}\sqrt{(x - v\cdot t)^2 + \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)\cdot (y^2 + z^2)}}{1 - \frac{v^2}{c^2}} :$$

$$plot\left(subs\left(y = 0, z = 0, t = 3, x = 3, c = 3, \frac{t - t_{zap1}(t, x, y, z, v, c)}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}\right), v\right)$$



, ?
(5 . 1) -

$$r_{zap1}(t,x,y,z,v,c) := c\cdot\left(t - t_{zap1}(t,x,y,z,v,c)\right) : cos\_alpha\_1(t,x,y,z,v,c) := \frac{x - v\cdot t_{zap1}(t,x,y,z,v,c)}{r_{zap1}(t,x,y,z,v,c)} : v\_rzap1(t,x,y,z,v,c) := v\cdot r_{zap1}(t,x,y,z,v,c)\cdot cos\_alpha\_1(t,x,y,z,v,c) : v\_rzap1(t,x,y,z,v,c); K_1(t,x,y,z,v,c) := \left(r_{zap1}(t,x,y,z,v,c) - \frac{v\_rzap1(t,x,y,z,v,c)}{c}\right) : simplify\left(K_1(t,x,y,z,v,c)\right)$$

$$v\left(x - \frac{v\left(t - \frac{x\,v}{c^2} - \frac{\sqrt{(-t\,v + x)^2 + \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)\left(y^2 + z^2\right)}}{c}\right)}{1 - \frac{v^2}{c^2}}\right)$$

$$\sqrt{\frac{c^2 t^2 v^2 - 2 c^2 t v x + c^2 x^2 + c^2 y^2 + c^2 z^2 - v^2 y^2 - v^2 z^2}{c^2}} \tag{3}$$

$r_{zap2}(t, x, y, z, v, c) := c\cdot\left(t - t_{zap2}(t, x, y, z, v, c)\right) : cos\_alpha\_2(t, x, y, z, v, c) := \dfrac{x - v\cdot t_{zap2}(t, x, y, z, v, c)}{r_{zap2}(t, x, y, z, v, c)} : v\_rzap2(t, x, y, z, v, c) := v\cdot r_{zap2}(t, x, y, z, v, c)\cdot cos\_alpha\_2(t, x, y, z, v, c) : v\_rzap2(t, x, y, z, v, c); K_2(t, x, y, z, v, c) := \left(r_{zap2}(t, x, y, z, v, c) - \dfrac{v\_rzap2(t, x, y, z, v, c)}{c}\right) : simplify\left(K_2(t, x, y, z, v, c)\right)$

$$v\left(x - \frac{v\left(t - \frac{x v}{c^2} + \frac{\sqrt{(-t v + x)^2 + \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)(y^2 + z^2)}}{c}\right)}{1 - \frac{v^2}{c^2}}\right)$$

$$-\sqrt{\frac{(t^2 v^2 - 2 t v x + x^2 + y^2 + z^2)\, c^2 - v^2 (y^2 + z^2)}{c^2}} \tag{4}$$

. y = z = 0 -
$x - v\cdot t$, $(-x - v\cdot t)$.

$simplify\left(subs\left(y=0, z=0, K_1(t, x, y, z, v, c)\right)\right)$ $simplify\left(subs\left(y=0, z=0, K_2(t, x, y, z, v, c)\right)\right)$

$$\mathrm{csgn}(t v - x)\,(t v - x)$$

$$(-t v + x)\,\mathrm{csgn}(t v - x) \tag{5}$$

$\mathrm{csgn}(t v - x)$ - $(t v - x)$

$$t v - x \tag{6}$$

y = z = 0 R' = x (. 7 - 2) .

$assume(x > v\cdot t);$
$simplify\left(subs\left(y=0, z=0, r_{zap1}(t, x, y, z, v, c)\right)\right),$ $simplify\left(subs\left(y=0, z=0, r_{zap2}(t, x, y, z, v, c)\right)\right)$

$$-\frac{(t{\sim} v{\sim} - x{\sim})\, c}{c - v{\sim}}$$

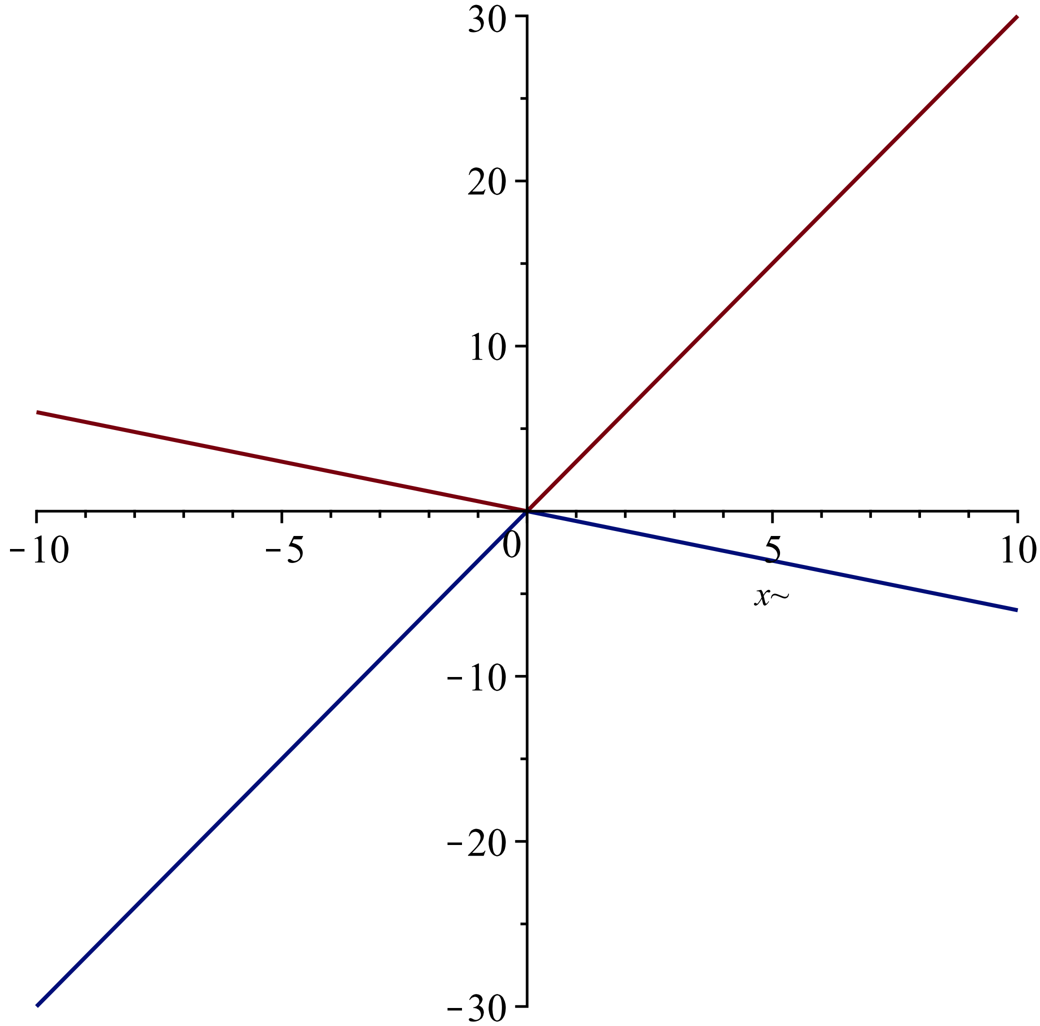
$$\frac{(t{\sim} v{\sim} - x{\sim})\, c}{c + v{\sim}} \tag{7}$$

$assume(x < v\cdot t);$
$simplify\left(subs\left(y=0, z=0, r_{zap1}(t, x, y, z, v, c)\right)\right),$ $simplify\left(subs\left(y=0, z=0, r_{zap2}(t, x, y, z, v, c)\right)\right)$

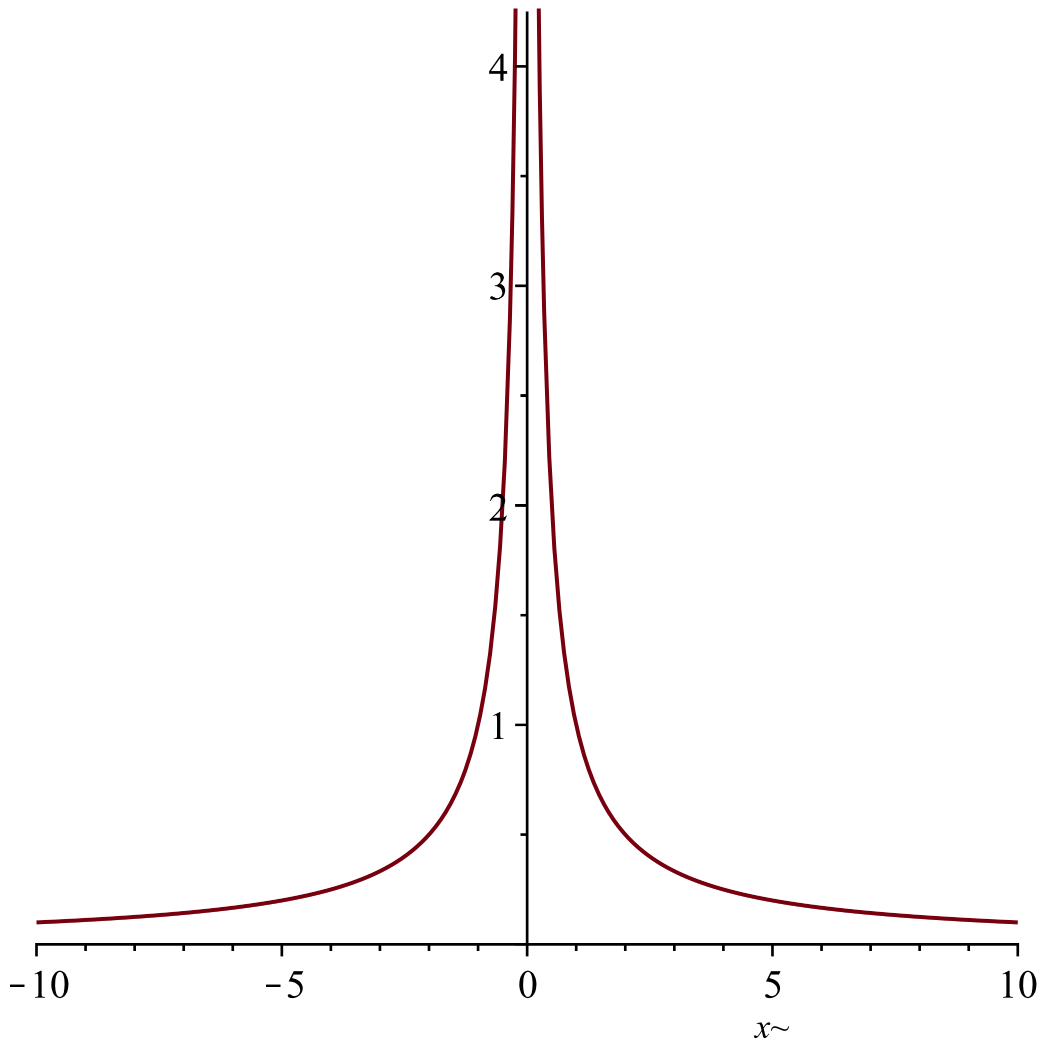
$$\frac{(t\sim v\sim - x\sim)\ c}{c + v\sim}$$

$$-\frac{(t\sim v\sim - x\sim)\ c}{c - v\sim} \tag{8}$$

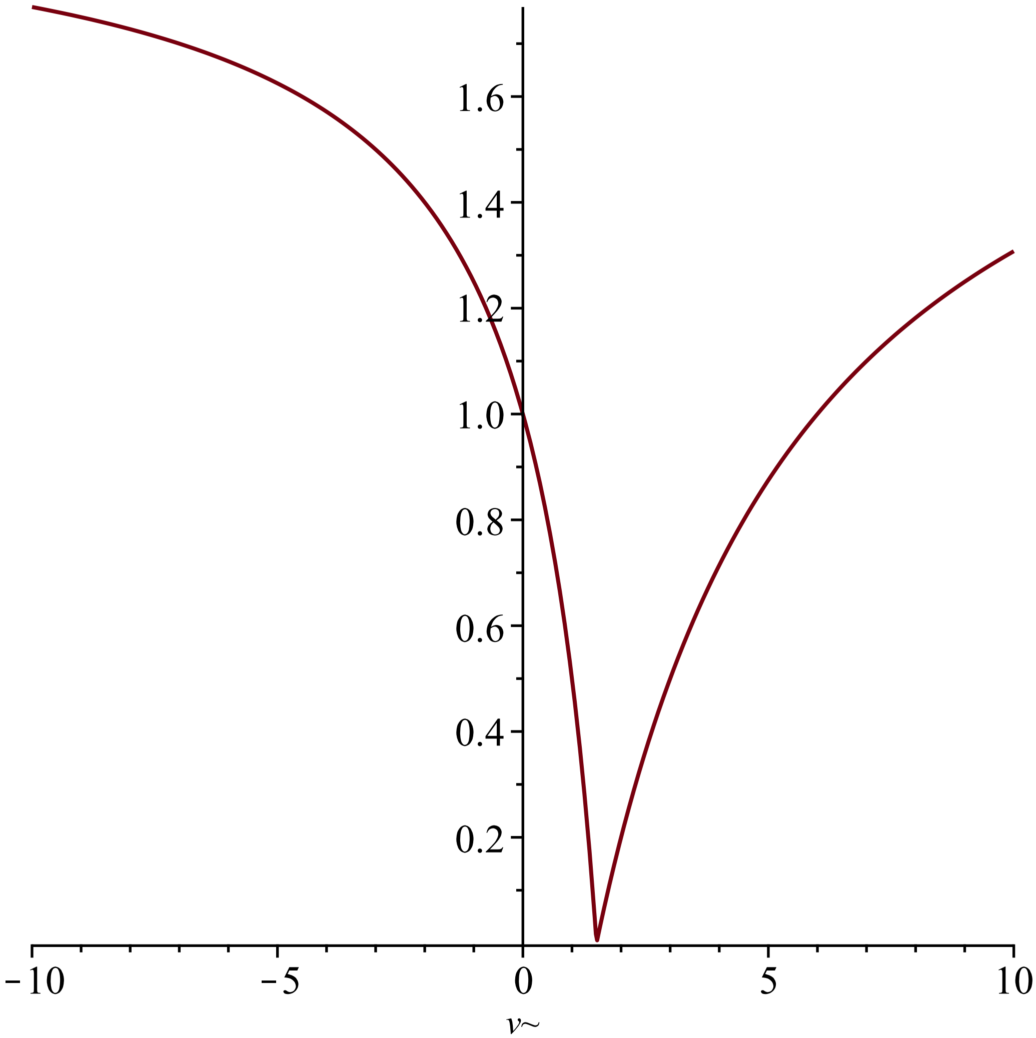
$plot\Big(simplify\Big(subs\Big(z=0,\ v=2,\ c=3,\ y=0,\ t=0,\ \big[r_{zap1}(t,x,y,z,v,c),\ r_{zap2}(t,x,y,z,v,c)\big]\Big)\Big)\Big)$



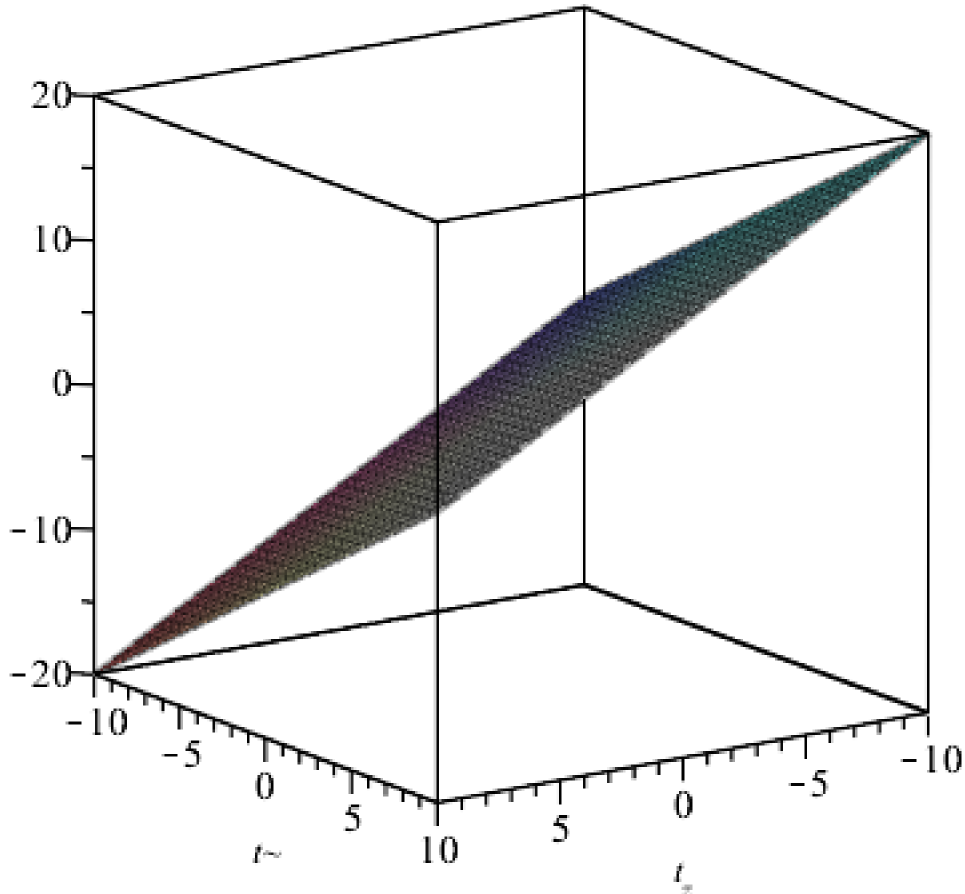
$K := \left(\sqrt{(x - v\cdot t)^2 + \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)\cdot\left(y^2 + z^2\right)}\right) : plot\left(simplify\left(subs\left(z=0,\ v=2.99,\ c=3,\ y=0,\ t=0,\ \frac{1}{K}\right)\right)\right)$



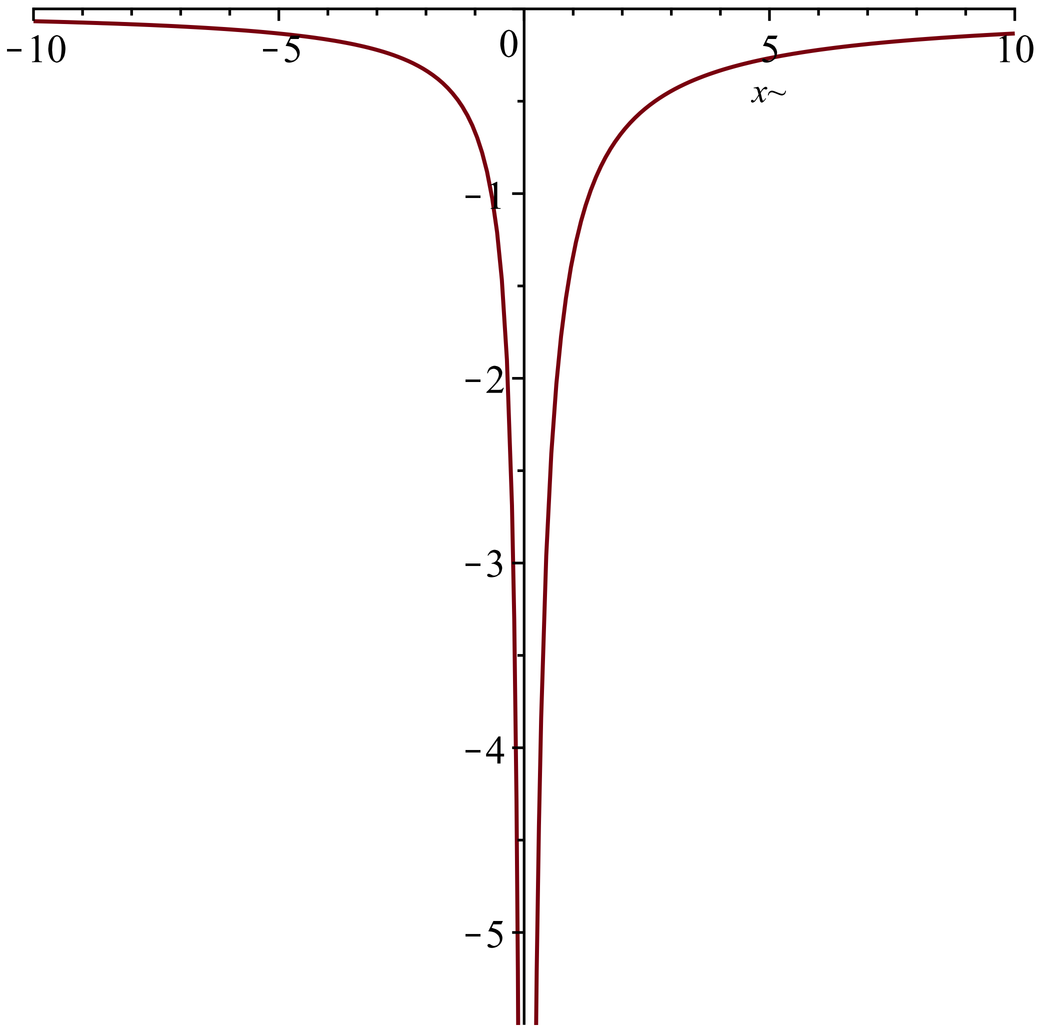
$plot\left(subs\left(y=0, z=0, t=2, x=3, c=3, t-t_{zap1}(t, x, y, z, v, c)\right), v\right)$



$plot3d\left(subs\left(y=0,\, z=0,\, v=1.5,\, c=3,\, t-t_z\right)\right)$



$$plot\left(subs\left(y=0,\, z=0,\, t=0,\, v=1,\, c=3,\, a=0,\, \frac{1}{r_{zap2}(t, x, y, z, v, c)}\right), x\right)$$



$$s(t, v, a) := v \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

$$(t, v, a) \rightarrow v\,t + \frac{1}{2}\,a\,t^2 \tag{9}$$

$$r_{zap}(t_{zap}) := \sqrt{\left(x - s(t_{zap}, v, a)\right)^2 + y^2 + z^2}$$

$$t_{zap} \rightarrow \sqrt{\left(x - s(t_{zap}, v, a)\right)^2 + y^2 + z^2} \tag{10}$$

$$solve\left(c\left(t - t_{zap}\right) = r_{zap}(t_{zap}), t_{zap}\right)$$

$$RootOf\left(a^2\,\_Z^4 + 4\,v{\sim}\,\_Z^3\,a - 4\,x{\sim}\,a\,\_Z^2 + 4\,v{\sim}^2\,\_Z^2 - 8\,x{\sim}\,v{\sim}\,\_Z - 4\,c\,(t{\sim} - \_Z)^2 + 4\,x{\sim}^2 + 4\,y^2 + 4\,z^2\right) \tag{11}$$