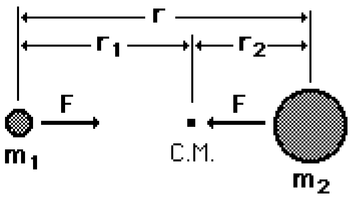
Proč je redukovaná hmotnost >poloviční< než je hmotnost >zprůměrovaná z obou těles< ??

Reduced Mass



The relative motion of two objects which are acted upon by a central force can be described by Newton's Second Law as if they were a single mass with a value called the "reduced mass".

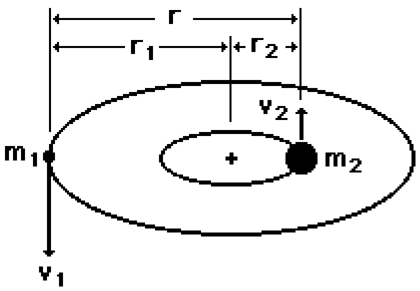
From Newton's Third Law $m_1a_1 + m_2a_2 = 0$

The relative acceleration of the two masses is $a = a_1 - a_2$

Since a_2 is negative, this can be rewritten in terms of the magnitudes of the quantities:

$$a = F\left[\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2}\right] = F\left[\frac{m_1 + m_2}{m_1m_2}\right]$$

$$F = \mu a \quad \text{where} \quad \mu = \frac{m_1m_2}{m_1 + m_2} = \text{reduced mass}$$



From the gravity force and the necessary centripetal force:

$$\frac{Gm_1m_2}{[r_1 + r_2]^2} = \frac{m_1v_1^2}{r_1} = \frac{m_2v_2^2}{r_2}$$

If you are riding on one of the masses, the relative motion equation has the same form if you substitute the reduced mass

$$\mu = \frac{m_1m_2}{m_1 + m_2}$$

which gives the orbit equation:

$$\frac{Gm_1m_2}{r^2} = \frac{\mu v^2}{r} \qquad \text{(R)}$$

Toto jsem opsal od pánů fyziků a…

zopakuji to : **F = μ .v² / x = G m₁ . m₂ / x² (1) ; (μ = m₁ . m₂ / m₁ + m₂)**

Udělám si zkušební příklad tak, že >náhodou< budou obě hmotnosti stejné : $m_1 = m_2$, pak :

?.M = m_1 = m_2 = **?** μ

(poznámka : m_1 a m_2 tu budou dvě nějaká konkrétní tělesa s konkrétní hmotností ; M tu bude nějaké obecně hmotné těleso a **μ** tu bude ona „fyziky vymyšlená“ redukovaná hmotnost)

Zjistíme jednoduše, že :

μ = 1/2 M = M . M / M + M = m₁ . m₂ / m₁ + m₂ (při m₁ = m₂)

Takže redukovaná hmotnost **μ** je „**poloviční**“ než >zprůměrované< těleso soustavy. Bude tedy :

M = m_1 = m_2 = **2** μ .... kontrola : ⇓

μ = 2 μ . 2 μ / 2 μ + 2 μ což platí

a rovnice (1) by měla vypadat takto :

$$F = \frac{\mu \,.\, v^2}{x} = \frac{G \quad m_1 \,.\, m_2}{x^2} = \frac{½ \,.m_2 \,.v^2}{x} = \frac{G \,.\, M \,.\, M}{x^2} = \frac{½ \,.M \,.v^2}{x} \qquad (2)$$

Poznámka : v rovnici (1) bylo použito „v“ bez zřetele k tomu jak je velké vůči „c“ ; (v < c) čili v rovnicích (1) ani (2) nekorelují „v“ nebo „x“ a „t“ s mou konvencí a bude nutné to uvést v soulad. Takto :

$$(2) \qquad F = \frac{\mu \,.\, v^2}{x} = \frac{G \quad m_1 \,.\, m_2}{x^2} = \frac{½ \,.m_2 \,.v^2}{x} \qquad (\text{ při } \quad m_1 = m_2 = m = 2\mu \,)$$

V jiné podobě (2) bude : $$1 = G \,\frac{m_1 \,.\, m_2}{v^2\, x \,.\, \mu} = G\, \frac{m \,.\, \quad k \,.\, \sqrt{2}\, m_0 \,.\, 2}{v^2\, x \,.\, k \,.\, \sqrt{2}\, m_0} = G\, \frac{m \,.\, k \,.\, \sqrt{2}\, m_0 \,.\, 2}{v^2\, x \,. \qquad m}$$

Tak budu dedukovat takto :

$$(2) = (3) \qquad \frac{1}{2}\, m^* \,\frac{v}{t_?} = G \,.\, \frac{m^* \,.\, m^*}{x_?^{\,2}} \qquad (\text{ při } \quad m_1 = m_2 = m^* = 2\mu \,)$$

$$\Downarrow$$

m* - hvězdička znamená, že ikdyž platí předpoklad rovnosti hmotností, není ještě prověřen soulad s mou konvencí zda <u>*m**</u> bude totožné s <u>*m*</u> anebo s <u>*m_0*</u>….

$$\Downarrow \qquad 1 = \frac{c^2}{v^2} \,.\, G^* \,.\, \frac{m^* \,.\, t_?}{v \quad .\, x_?^{\,2}}$$

$$\Downarrow$$

$$1 = \frac{c^2}{v^2} \,.\, \frac{2}{c} \,.\, \frac{m^* \,.\, t_?}{v \quad .\, x_?^{\,2}} = \frac{c^2}{v^2} \,.\, \frac{2}{c} \,.\, \frac{v^2.c.t_v \,.\, t_?}{v \quad .\, x_?^{\,2}} \qquad (\text{ to je volba zkusmo })$$

(poznámka : substituce byly navrženy takto : $c^2.v.t_c \,/\, v^2.c.t_v = m \,/\, m_0 = x_c \,/\, x_v$ …viz jiné www)

$$1 = \frac{2}{c} \,.\, \frac{c^2.c.t_v \,.\, t_?}{v \quad .\, x_?^{\,2}} = \frac{2}{c} \,.\, \frac{c^2.v.t_c}{v^{\,2}} \,.\, \frac{t_v \,.\, c}{x_?^{\,2}}$$

$$1 = \frac{2\,.t_v}{c\,.t_c} \,.\, \frac{c^2.v.t_c}{v^{\,2}} \,.\, \frac{x_c}{x_?^{\,2}}$$

(opět volba $x_?^2$ zkusmo)

$$1 = \frac{2\,.t_v}{c\,.t_c} \,.\, \frac{c^2.v.t_c}{v^{\,2}} \,.\, \frac{x_c}{x_v \,.\, x_c}$$

$$\underline{v^2 = 2\,.\,c} \quad \Leftarrow \quad 1 = \frac{2\,.t_c}{c\,.t_v} \,.\, \frac{c^2.v.t_c}{v^{\,2}\,.x_v} \,.\, \frac{t_v^2}{t_c^2} = G \,.\, \frac{m \quad .\, t_v^2}{v^2.x_v\,.t_c^2}$$

$$\Downarrow$$

$$\frac{1}{2} = \frac{c}{v^2} \,.\, \frac{2\,.\,v^2}{c^2}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{2}{c} \,.\, \frac{c.v^2}{c.v^2} = \frac{2.t_c}{c.t_v} \,.\, \frac{m}{c^2.\, x_v} \,.\, \frac{t_v^2}{t_c^2} = \frac{2.t_c}{c.t_v} \,.\, \frac{m \,.\, t_v}{v \,.\, x_c^2}$$

$$\frac{1}{2}\, m\, \frac{v}{t_v} \;=\; G \,.\, \frac{m \,.\, m}{x_c^2} \;=\; G \,.\, \frac{m \,.\, m_0}{x_c \,.\, x_v} \qquad (3^*)$$

$$\frac{1}{2}\, m\, \frac{v^2}{x_c} \;=\; \qquad = G \,.\, \frac{m \,.\, m_0}{x_c \,.\, x_c} \qquad (3^*)$$

což je naprostá shoda s jejich rovnicí (R) výše

⇓

$$\frac{\mu \quad v}{t_v} \;=\; G \,.\, \frac{m_1 \,.\, m_2}{x_c^2} \qquad (3^{**})$$ (při $m_1 = m_2 = 2\mu$)

Takže redukovaná hmotnost **μ** je opravdu „**poloviční**“ než >zprůměrované< těleso soustavy.
Takže jsem dosáhl pomocí několika voleb shody mezi (3*) a parabolou ve tvaru **$v^2 = 2 \,.\, c$**
při možnosti dalšího použití (využití) mé konvence.
Přehled dalších možných (vhodných) parabol je **:**

$$v^2 = 2 \,.\, c \qquad 1 = \frac{2.t_v}{c.t_c} \,.\, \frac{c^2.v.t_c}{v^2 \,.\, x_v} = \frac{G^* \,.\, m}{v^2 \,.\, x_v} = \frac{2.t_c}{c.t_v} \,.\, \frac{c^2.v.t_c}{v^2 \,.\, x_v} \,.\, \frac{t_v^2}{t_c^2}$$

$$v^2 = \sqrt{2} \,.\, c \qquad 1 = \frac{2}{c} \,.\, \frac{v^2.c.t_v}{v^2 \,.\, x_v} = \frac{G^{**}.\, m_0}{v^2 \,.\, x_v} = \frac{2.t_c}{c.t_v} \,.\, \frac{v^2.c.t_v}{v^2 \,.\, x_v} \,.\, \frac{t_v}{t_c}$$

$$v^2 = 1 \,.\, c \qquad 1 = \frac{2}{c} \,.\, \frac{v^2.c.t_v}{v.c.\ x_v} = \frac{G^{**}.m_0}{v.c.\ x_v} = \frac{2.t_c}{c.t_v} \,.\, \frac{v^2.c.t_v}{v^2 \,.\, x_c} \qquad \text{(a)}$$

$$v^2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \,.\, c \qquad 1 = \frac{2}{c} \,.\, \frac{v^2.c.t_v}{c^2 \,.\, x_v} = \frac{G^{**}.m_0}{c^2 \,.\, x_v} = \frac{2.t_c}{c.t_v} \,.\, \frac{v^2.c.t_v}{v.c.\, x_c} \quad ;(\, c^2 = 2 \,.\, v \,)$$

$$v^2 = \frac{1}{2} \,.\, c \qquad 1 = \frac{2.t_c}{c.t_v} \,.\, \frac{v^2.c.t_v}{c^2 \,.\, x_c} = \frac{G \quad .m_0}{c^2 \,.\, x_c} = \frac{2.t_c}{c.t_v} \,.\, \frac{v^2.c.t_v}{c^2 \,.\, x_c}$$

(a) -> tvar této paraboly je v symetrické pozici k >okolním parabolám< a bude vhodné prostudovat souvislosti .

$$1 = \frac{2.t_c}{c.t_v} \,.\, \frac{v^2.c.t_v}{v^2 \,.\, x_c} = G.\, \frac{m_0}{v^2.x_c} \qquad \text{(a)}$$

budu chtít dát do souladu (a) s (3*)

$$1 \,.\, \frac{m \,.\, v}{t_v} = \qquad = G.\, \frac{m_0 \,.\, m}{x_v \,.\, x_c} \qquad \text{(a)} \qquad \underline{v^2 = 1 \,.\, c}$$

$$\frac{1}{2} \,.\, \frac{m \,.\, v}{t_v} = G \,.\, \frac{m \,.\, m}{x_c^2} = G \,.\, \frac{m \,.\, m_0}{x_c \,.\, x_v} \qquad (3^*) \qquad \underline{v^2 = 2 \,.\, c}$$

a tak když páni fyzikové napíší "μ",tak

$$\frac{\mu \cdot v}{t_v} = G \cdot \frac{m \cdot m}{x_c^2} = G \cdot \frac{m \cdot m_0}{x_c \cdot x_v} \qquad (3^*) \qquad \underline{v^2 = 2 \cdot c}$$

mají „pravdu", a družice jim lítat budou….ale číselně je "μ" poloviční a tím pádem je to >jiný typ< paraboly.
…a přitom podle „relativistického vysvětlení" prý když se **$v \to c$** , pak se **$m_0 \to m$** …čili

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{m_0 \cdot v \to c}{t_v} = G \cdot \frac{m_0 \cdot m_0 \to m}{x_c \cdot x_v} \qquad (3^*) \qquad \underline{v^2 = 2 \cdot c}$$

ač je elegantnější a pravdivější, že dle $m/m_0 = x_c/x_v$ se to mění takto **:**

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{m_0 \cdot v}{t_v} = G \cdot \frac{m_0 \cdot m}{x_c \cdot x_c} \qquad (3^*) \qquad \underline{v^2 = 2 \cdot c}$$

prof. Podolský píše takto : **„**Sílu gravitační vlny popisuje její **amplituda** , kterou fyzikové standardně označují symbolem h. Je to bezrozměrné číslo vyjadřující, jak velkou relativní změnu vzdálenosti dvou testovacích částic (resp. deformaci objektu) vlna svým průchodem vyvolá, t.j. h = Delta L/L, kde L je počáteční vzdálenost částic a Delta L je změna jejich vzájemné vzdálenosti.Velmi přibližně platí vztah $h = 10^{-17}$ E/r, kde r je vzdálenost zdroje…ze směru, amplitudy, frekvence a polarizace gravitačních vln by bylo možné zjišťovat vlastnosti těch nejexotičtějších astrofyzikálních zdrojů. Historie nám navíc dává dobré důvody k naději, že pomocí gravitačních vln odhalíme také jevy dnes netušené. **"**

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx.

Binary Circular Orbit

From the gravity force and the necessary centripetal force:

$$\frac{Gm_1m_2}{[r_1 + r_2]^2} = \frac{m_1v_1^2}{r_1} = \frac{m_2v_2^2}{r_2}$$

If you are riding on one of the masses, the relative motion equation has the same form if you substitute the reduced mass

$$\mu = \frac{m_1m_2}{m_1 + m_2}$$

which gives the orbit equation:

$$\frac{Gm_1m_2}{r^2} = \frac{\mu v^2}{r}$$

A přesto fyzikové nenapíší **:**

$$\frac{G\, m_1 \cdot m_1}{r^2} = \frac{1/2\, m_1 \cdot v_1^2}{r}$$

ale píší **:**

$$E_P = \frac{G\, m_1 \cdot m_1}{r^2} = \frac{m_1 \cdot v_1^2}{r} = \frac{m_2 \cdot v_2^2}{r} = 2\, E_K$$

==================================00==================================

Problém redukované hmotnosti naleznete též v :

Literatura , třebas Ullmann „Gravitace….“ str. 13 říká, že **:**

$$\mathbf{m} = \frac{\mathbf{m_1 \cdot m_2}}{\mathbf{m_1 + m_2}} \qquad \text{…(9) redukovaná hmotnost}$$

(a mě se to nelíbí …, zatraceně)

Píše pan Pavlíček ve svých skriptech, že **:**

V konečném stavu platí: $\vec{p}_b = -\vec{p}_B$ → pouze jedna nezávislá hybnost (zvolme p_b).

Jestli $dE_0 = dE_b + dE_B$:

$$\frac{d\wp}{dE_0} = \frac{1}{dE_b + dE_B} \frac{4\pi V p_b^2 dp_b}{(2\pi\hbar)^3}$$

Dosadíme za dE=(p/m)dp:

$$dE_b + dE_B = \frac{p_b}{m_b} dp_b + \frac{p_B}{m_B} dp_B = \left(\frac{1}{m_b} + \frac{1}{m_B} \right) p_b dp_b = \frac{1}{m_f} p_b dp_b$$

Kde m_f je redukovaná hmotnost konečného stavu. Pak dostaneme:

$$\frac{d\wp}{dE_0} = \frac{4\pi V}{(2\pi\hbar)^3} m_f p_b$$

a opět je ta jejich **m_f** poloviční, protože je to furt na jedno kopyto **:**

$$\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} = \frac{1}{\mu}$$

$$\frac{m_2}{m_1 \cdot m_2} + \frac{m_1}{m_2 \cdot m_1} = \frac{1}{\mu} \quad \text{-> -> ->} \quad \mu \cdot m_2 + \mu \cdot m_1 = m_2 \cdot m_1$$

$$\mu = \frac{m_2 \cdot m_1}{m_2 + m_1}$$

==.

$$1 = \frac{2.t_c}{c.t_v} \cdot \frac{m_o}{c^2.\, x_v \,.\, k} = \frac{2.t_c}{c.t_v} \cdot \frac{m_o \quad k}{v^2.\, x_{HV}} = \frac{2.t_c}{c.t_v} \cdot \frac{m_o \quad t_c^2}{u^2.\, x_{HV} \quad t_w^2.\, k} = \frac{2.t_c}{c.t_v} \cdot \frac{m_o \quad k\, .t_v^2}{w^2.\, x_{HV}\, .t_c^2}$$

$$v^2 = 2 \;.\, c \qquad\qquad 1 = \frac{2.t_v}{c.t_c} \cdot \frac{c^2.v.t_c}{v^2 \;.\, x_v} = \frac{G^* \,.\, m}{v^2 \;.\, x_v} = \frac{2.t_c}{c.t_v} \cdot \frac{c^2.v.t_c}{v^2 \,.\, x_v} \cdot \frac{t_v^2}{t_c^2}$$

.-.-.-.-.-.-.-.-.

(Napsal **Astroklub Kostkov-** *Dr. Hric*)

Předpokládáme, že se hmota ze systému nedo stává do okolního prostoru, čili $M_1 + M_2 = const$ a totéž platí i pro momenty hybnosti $L_1 + L_2 = const$

Pro jednoduchost předpokládáme kruhové dráhy. Moment hybnosti a redukovaná hmotnost jsou pak

$$L = \mu\sqrt{GMa}$$

$$\mu = \frac{M_1 M_2}{M_1 + M_2} = \frac{M_1 M_2}{M}$$

Derivací rovnic podle času dostáváme

$$\frac{dL}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\mu\sqrt{GMa}\right) = 0 \Rightarrow$$

$$0 = \sqrt{GM}\left(\frac{d\mu}{dt}\sqrt{a} + \frac{\mu}{2\sqrt{a}}\frac{da}{dt}\right) \Rightarrow$$

$$\frac{1}{a}\frac{da}{dt} = -\frac{2}{\mu}\frac{d\mu}{dt}$$

Protože ale také platí $\dot{M}_1 = -\dot{M}_2$, pak po dosazení do rovnice derivace redukované hmotnosti dostáváme

$$\frac{d\mu}{dt} = \frac{1}{M}\left(\frac{dM_1}{dt}M_2 + \frac{dM_2}{dt}M_1\right)$$

$$\frac{d\mu}{dt} = \frac{\dot{M}_1}{M}(M_2 - M_1)$$

Konečným výsledkem jsou tyto dvě rovnice. Druhá rovnice vychází z 3. Keplerova zákona;

$$\frac{1}{a}\frac{da}{dt} = 2\dot{M}_1\frac{M_1 - M_2}{M_1 M_2}$$

$$\frac{1}{\omega}\frac{d\omega}{dt} = -\frac{3}{2a}\frac{da}{dt}$$

=================================00===============================

(opis) znova vyrobit

Problém redukované hmotnosti

Literatura , třebas Ullmann „Gravitace….“ str. 13 říká :

$$m = \frac{m_1 \,.\, m_2}{m_1 + m_2} \qquad \ldots(\ 9\ ) \text{ redukovaná hmotnost}$$

Zadejmež předpoklad : $m = k \,.\, m_1 = K \,.\, m_2$

předpoklad dosadím do (9) :

$$k \,.\, m_1 = \frac{m_1 \,.\, \dfrac{k \,.\, m_1}{K}}{m_1 + \dfrac{k \,.\, m_1}{K}} = \frac{K \left(\dfrac{k \,.\, m_1^2}{K} \right)}{K \,.\, m_1 + k \,.\, m_1} = \frac{k \,.\, m_1^2}{m_1 (K + k)}$$

$$\Downarrow$$

$k + K = 1$ **čili bude :**

$m = k \,.\, m_1 = K \,.\, m_2$

$m = 0{,}1 \,.\, m_1 = 0{,}9 \,.\, m_2$

………………………………………………………..-

V rovnici (9) když vypustím indexy u m-hmoty, tak bude :

$$m \neq \frac{m \,.\, m}{m + m} \qquad \ldots(\ 9^*\ )$$

$$m (m + m) \neq m \,.\, m$$

$$m^2 + m^2 \neq m^2$$

$$2.m^2 \neq m^2$$

proto je nutné redukovanou hmotnost >řešit< jinak, takto :

$$1/2\ m = \frac{m \,.\, m}{m + m} \qquad \ldots(\ 9^{**}\ )$$

$$1/2\ m (m + m) = m \,.\, m$$

$$1/2\ m^2 + 1/2\ m^2 = m^2$$

$$m^2 = m^2$$

……………….. kde je zakopaný pes ?

Budu …(9**) považovat za správnou a začnu řešení redukované hmotnosti znova :

$$1/2\ m = \frac{m_1 \,.\, m_2}{m_1 + m_2} \qquad \ldots(\ 9^{***}\ )$$

$$1/2\ m (m_1 + m_2) = m_1 \,.\, m_2$$

$$1/2\ m \,.\, m_1 + 1/2\ m \,.\, m_2 = m_1 .\, m_2$$

Dodejme koeficienty : $1/2\ m = k \,.\, m_1 = K \,.\, m_2$

$$1/2\ m \,.\, m_1 + 1/2\ m \,.\, m_2 = m_1 \,.\, m_2$$

$$1/2\,(2\,k\,.\,m_1)\,.\,m_1 \;+\; 1/2\,(2\,k\,.\,m_1)\,.\,(k\,.\,m_1 / K) = m_1\,.\,(k\,.\,m_1 / K) \qquad \{ :1/k m_1^2 \}$$

$$1 \;+\; (k \;/ K) = 1 / K$$

$$K \;+\; (k) = 1$$

$$K + k = 1$$

………………. kde je zakopaný pes ?

Vyjádříme-li hodnoty Planckovy konstanty a gravitační konstanty pomocí universálních hodnot (kvant) času a délky, dostaneme hodnoty uvedené v následující tabulce 1, ze kterých vyplývá číselná rovnost Planckovy konstanty a převrácené hodnoty gravitační konstanty (s rozměrem kg). Stejnou hodnotu hmotnosti (μ_o) lze získat z universálních konstant

Vyjádříme-li universální konstanty (c, h, G, k) pomocí (x_o, t_o, μ_o) dostaneme hodnoty uvedené v tabulce 2.

Tabulka 2: Universální konstanty "normované" podle kvant vzdálenosti, času a hmotnosti (x_o, t_o, μ_o)

Konstanta	Přepočet	Jednotka	Hodnota
Rychlost světla, c	$c\,.\,t_o/x_o$	x_o/t_o	1
Planckova, h	$h\,.\,t_o/x_o^2\mu_c$	$\mu_o\,x^2_o/t_c$	1
Gravitační, G	$G\,.\,\mu_o(t_o)^2/x_o^3$	$x_o^3/t_c^2\mu_c$	1
Boltzmanova, k	$k\,.\,t_o^2/x_o^2\,\mu_o$	K^{-1}	$2{,}817\,.\,10^{-33}$

<u>Klidová a setrvačná hmotnost</u>

Hmotnost získaná ze vztahu (3) není hmotnost skutečná, ale zdánlivá hmotnost pračástice. Skutečná hmotnost pračástice a celého vesmíru ($m_o + M_o$) je skryta v tzv. redukované hmotnosti (μ_o), což lze přibližně vyjádřit vztahem (13).

$$\mu_o = m_o\,.\,M_o / (m_o + M_o) \qquad (13)$$

Během celého vývojového cyklu existuje n-rozměrný prostor obsahující určitý počet n-rozměrných bodů, který je vytvořen z tzv. klidové hmotnosti. Počet n-rozměrných bodů představuje základní veličinu našeho vesmíru - informaci (I_{max}). Na počátku cyklu je jen jeden bod "obsazen" tzv. setrvačnou hmotností. Hmotnost tohoto bodu $M_o = I_{max}\,m_o$ (tj. přibližně $M_o = \mu_o\,I_{max}$) spolu s hmotností všech (setrvačnou hmotností) neobsazených bodů (tvořených hmotností klidovou), jejichž hmotnost je m_o, představují hmotnost celého vesmíru ($M_o + m_o$). Setrvačná hmotnost jediného obsazeného bodu je přitahována klidovou hmotností všech neobsazených bodů, což je podstata všech interakcí v našem vesmíru (setrvačné hmotnosti se odpuzují stejně jako klidové hmotnosti). Proto dojde k dělení setrvačné hmotnosti a obsazování dalších bodů.

Informace je tedy ekvivalentní hmotnosti, jeden bit prostoru neobsazeného setrvačnou hmotností "váží" m_o / I_{max} (cca μ_o / I_{max}) a jeden bit obsazeného prostoru "váží" μ_o = 5,455.10^{-8} kg.

Pračástici si můžeme zjednodušeně představit jako "činku", na jejímž jednom konci je soustředěna setrvačná hmotnost a na druhém konci veškerá klidová hmotnost všech okolních bodů. Ze vztahů (14) a (15) pro $M_o = I_{max}\,m_o$ platí, že poměr $x_{max} / x_o = I_{max}$

$$x_{max} = M_o / (m_o + M_o) \quad (14)$$

$$x_o = m_o / (m_o + M_o) \quad (15)$$

Vztahy (16) a (17) mezi redukovanou hmotností a počátečními hmotnostmi (setrvačnou a klidovou) mají následující tvar:

$$m_o = \mu_o (I_{max} + 1) / I_{max} \quad (16)$$

$$M_o = \mu_o (I_{max} + 1) \quad (17)$$

Nejmenší hmotností v našem vesmíru je klidová hmotnost n-rozměrného bodu m_o / $I_{max.}$