

ЗНАЊЕ О ГРАВИТАЦИЈИ и ГРАВИТАЦИЈА О ЗНАЊУ

Марко Војиновић

Група за гравитацију, честице и поља



Институт за физику, Универзитет у Београду, 2019

ХРОНОЛОГИЈА УЧЕЊА ГРАВИТАЦИЈЕ

- Основна и средња школа
- Основне студије
- Постдипломске студије
- И тако даље...
- И онда још мало...

ОСНОВНЕ СТУДИЈЕ

Прва година, механика:

- Њутнов закон гравитације, потенцијална сила, као у средњој школи

$$\vec{F}_g = -\gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} \vec{e}_r, \quad \Phi(\vec{r}) = -\gamma \frac{m}{r} + \text{const.}$$

- Проблем два тела, Кеплерови закони, коси хитац, . .

ОСНОВНЕ СТУДИЈЕ

Прва година, механика:

- Њутнов закон гравитације, потенцијална сила, као у средњој школи

$$\vec{F}_g = -\gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} \vec{e}_r, \quad \Phi(\vec{r}) = -\gamma \frac{m}{r} + \text{const.}$$

- Проблем два тела, Кеплерови закони, коси хитац. . .

Друга година, теоријска механика:

- Исто то, са мало више формализма и математике

$$\nabla^2 \Phi(\vec{r}) = -4\pi\gamma \rho(\vec{r}).$$

ОСНОВНЕ СТУДИЈЕ

Прва година, механика:

- Њутнов закон гравитације, потенцијална сила, као у средњој школи

$$\vec{F}_g = -\gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} \vec{e}_r, \quad \Phi(\vec{r}) = -\gamma \frac{m}{r} + \text{const.}$$

- Проблем два тела, Кеплерови закони, коси хитац. . .

Друга година, теоријска механика:

- Исто то, са мало више формализма и математике

$$\nabla^2 \Phi(\vec{r}) = -4\pi\gamma \rho(\vec{r}).$$

Трећа и четврта година:

- Све *ОСИМ* гравитације:

- | | |
|--------------------------|-------------------------|
| – класична механика, | – квантна механика, |
| – класична теорија поља, | – квантна теорија поља. |

Све то у нерелативистичкој и релативистичкој формулацији, са применама на разноразне физичке системе. . .

ОСНОВНЕ СТУДИЈЕ

Другим речима, што се гравитације тиче,



ПОСТДИПЛОМСКЕ СТУДИЈЕ

А онда постаје забавно:

- Гравитација I,

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R = 8\pi\gamma T_{\mu\nu},$$

ПОСТДИПЛОМСКЕ СТУДИЈЕ

А онда постаје забавно:

- Гравитација I,
- Гравитација II,

$$R^\mu{}_{\kappa} - \frac{1}{2} h_{\kappa}{}^{\mu} R = -\frac{1}{2ab} \tau^\mu{}_{\kappa},$$

$$\nabla_{\nu} H^{\mu\nu}_{ij} \equiv b h_m{}^{\mu} (T^m{}_{ij} + \delta_i^m T^s{}_{js} - \delta_j^m T^s{}_{is}) = \frac{1}{2a} \sigma^\mu{}_{ij},$$

ПОСТДИПЛОМСКЕ СТУДИЈЕ

А онда постаје забавно:

- Гравитација I,
- Гравитација II,
- КТП у кривом простору,

$$\begin{aligned}\mathfrak{T}_{\mu;\nu}^{\nu} + f_{\mu} &= -\frac{1}{\mu_0}(F_{\mu\alpha;\nu}g^{\alpha\beta}F_{\beta\gamma}g^{\gamma\nu} + F_{\mu\alpha}g^{\alpha\beta}F_{\beta\gamma;\nu}g^{\gamma\nu} - \frac{1}{2}\delta_{\mu}^{\nu}F_{\sigma\alpha;\nu}g^{\alpha\beta}F_{\beta\rho}g^{\rho\sigma})\sqrt{-g} \\ &+ \frac{1}{\mu_0}F_{\mu\alpha}g^{\alpha\beta}F_{\beta\gamma;\nu}g^{\gamma\nu}\sqrt{-g} \\ &= -\frac{1}{\mu_0}(F_{\mu\alpha;\nu}F^{\alpha\nu} - \frac{1}{2}F_{\sigma\alpha;\mu}F^{\alpha\sigma})\sqrt{-g} \\ &= -\frac{1}{\mu_0}((-F_{\nu\mu;\alpha} - F_{\alpha\nu;\mu})F^{\alpha\nu} - \frac{1}{2}F_{\sigma\alpha;\mu}F^{\alpha\sigma})\sqrt{-g} \\ &= -\frac{1}{\mu_0}(F_{\mu\nu;\alpha}F^{\alpha\nu} - F_{\alpha\nu;\mu}F^{\alpha\nu} + \frac{1}{2}F_{\sigma\alpha;\mu}F^{\sigma\alpha})\sqrt{-g} \\ &= -\frac{1}{\mu_0}(F_{\mu\alpha;\nu}F^{\nu\alpha} - \frac{1}{2}F_{\alpha\nu;\mu}F^{\alpha\nu})\sqrt{-g} \\ &= -\frac{1}{\mu_0}(-F_{\mu\alpha;\nu}F^{\alpha\nu} + \frac{1}{2}F_{\sigma\alpha;\mu}F^{\alpha\sigma})\sqrt{-g} ,\end{aligned}$$

ПОСТДИПЛОМСКЕ СТУДИЈЕ

А онда постаје забавно:

- Гравитација I,
- Гравитација II,
- КТП у кривом простору,
- и специјализовани курсеви. . .



BUCKLE UP, DOROTHY, 'CAUSE
KANSAS IS GOING BYE BYE !!



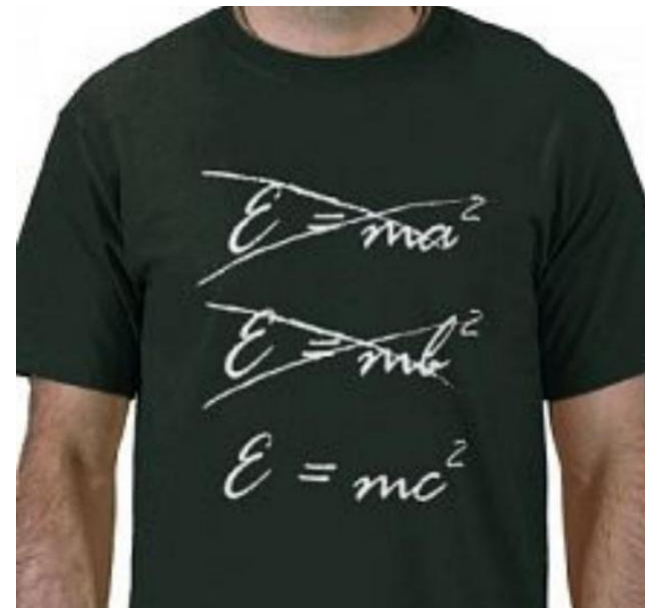
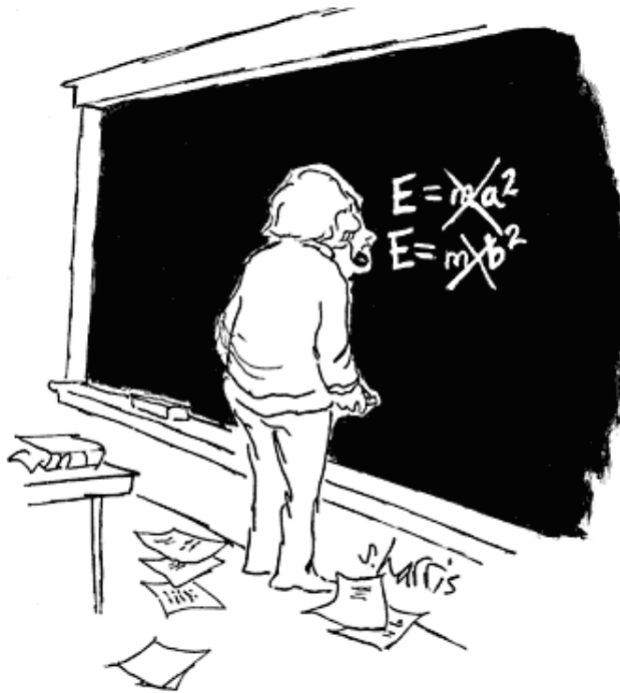
ЗЕМЉА ЧУДА

Свет са импресивним списком појава, у коме:

ЗЕМЉА ЧУДА

Свет са импресивним списком појава, у коме:

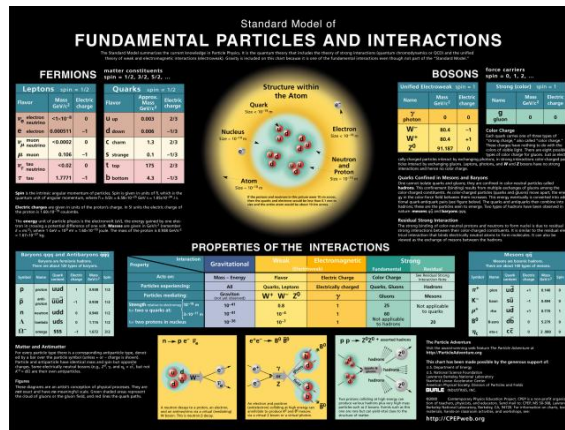
- не важи закон одржања енергије,



ЗЕМЉА ЧУДА

Свет са импресивним списком појава, у коме:

- не постоје честице,



ЗЕМЉА ЧУДА

Свет са импресивним списком појава, у коме:

- гравитација може да буде и одбојна сила,



**SOLVING THE
COSMIC ACCELERATION
RIDDLE WILL REQUIRE
A CRAZY, NEW IDEA!**
NB: NOT EVERY CRAZY IDEA IS A
SOLUTION TO A PROFOUND
PROBLEM!



ЗЕМЉА ЧУДА

Свет са импресивним списком појава, у коме:

- разумете фундаменталну природу сила инерције,



ЗЕМЉА ЧУДА

Свет са импресивним списком појава, у коме:

- простор и време могу да се гњече и тегле,



ЗЕМЉА ЧУДА

Свет са импресивним списком појава, у коме:

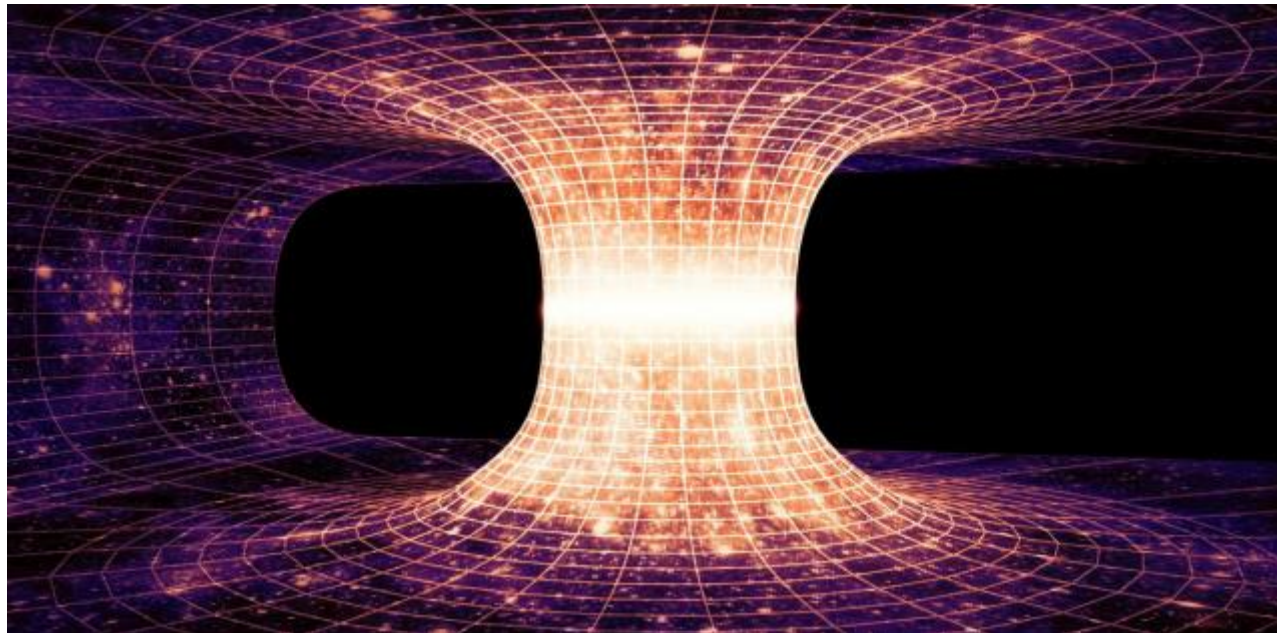
- разумете решење парадокса близанаца,



ЗЕМЉА ЧУДА

Свет са импресивним списком појава, у коме:

- сазнате о многим егзотичним појавама: црне рупе, wormhole-ови, космологија и Велики Прасак, гравитациони таласи, тамна материја, тамна енергија, ...



ЗЕМЉА ЧУДА

Свет са импресивним списком појава, у коме:

- не важи закон одржања енергије,
- не постоје честице,
- гравитација може да буде и одбојна сила,
- разумете природу сила инерције,
- простор и време могу да се гњече и тегле,
- научите решење парадокса близанаца,
- сазнате о многим егзотичним појавама: црне рупе, wormhole-ови, космологија и Велики Прасак, гравитациони таласи, тамна материја, тамна енергија, ...

**Прозивка комплетне интуиције о физици
(стечене у досадашњем школовању)**

ЗЕМЉА ЧУДА

А ако вам све ово није доста...

ЗЕМЉА ЧУДА

А ако вам све ово није доста. . . постоји и КВАНТНА ГРАВИТАЦИЈА!

Понављати исту радњу изнова и изнова, и очекивати различите резултате сваки пут је:

ЗЕМЉА ЧУДА

А ако вам све ово није доста. . . постоји и КВАНТНА ГРАВИТАЦИЈА!

Понављати исту радњу изнова и изнова, и очекивати различите резултате сваки пут је:

(а) симптом лудила,

ЗЕМЉА ЧУДА

А ако вам све ово није доста. . . постоји и КВАНТНА ГРАВИТАЦИЈА!

Понављати исту радњу изнова и изнова, и очекивати различите резултате сваки пут је:

- (а) симптом лудила, или
- (б) експеримент из квантне механике.

ЗЕМЉА ЧУДА

А ако вам све ово није доста. . . постоји и КВАНТНА ГРАВИТАЦИЈА!

Понављати исту радњу изнова и изнова, и очекивати различите резултате сваки пут је:

- (а) симптом лудила, или
- (б) експеримент из квантне механике.

Постоји контрадикција између гравитације и квантне механике!

- Зашто квантовати?
- Који су проблеми?
- Како квантовати?
- Које моделе имамо?

ЗЕМЉА ЧУДА

А ако вам све ово није доста. . . постоји и КВАНТНА ГРАВИТАЦИЈА!

Понављати исту радњу изнова и изнова, и очекивати различите резултате сваки пут је:

- (а) симптом лудила, или
- (б) експеримент из квантне механике.

Постоји контрадикција између гравитације и квантне механике!

- Зашто квантовати?
- Који су проблеми?
- Како квантовати?
- Које моделе имамо?

Најпрестижнија област физике:

“Ми формулишемо законе природе, други их само примењују.”

MUCH TO LEARN YOU STILL HAVE,
MY YOUNG PADAWAN...



ХВАЛА НА ПАЖЊИ!