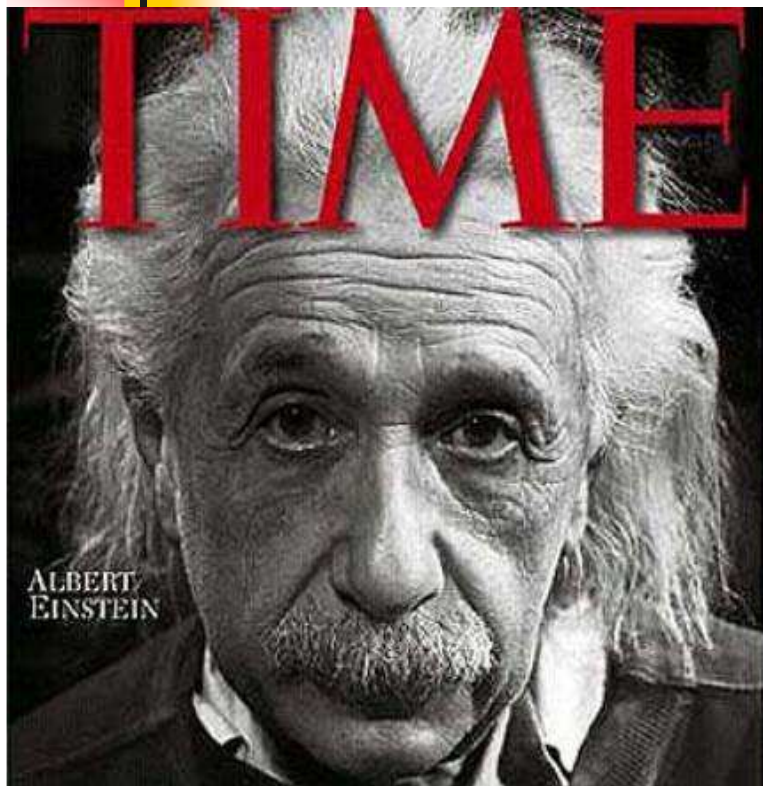
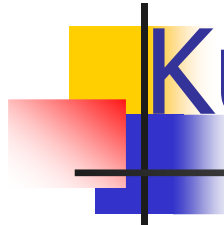


ALBERTAS EIŠTEINAS - DVIDEŠIMTOJO AMŽIAUS FIZIKOS REVOLIUCIJOS BRENDAS



Kazimieras Pyragas
*Vilniaus pedagoginis
universitetas*



Kuo buvo Einšteinas iki **1905** m.

- Iki **1905** metų Einšteinas **5** mokslo darbų termodinamikos ir statistinės fizikos srityje autorius (pirmasis **1901** m.).
- **1906** m. vienu iš jų jis inauguruojamas, mokslo daktaro laipsniu.

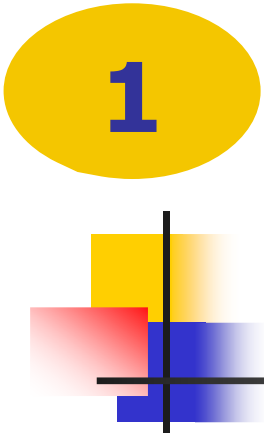
1

1905 A.Einšteino *akme's* metai.



- **Einstein A.** *Eine neue Bessimmung Moleküldimensionen.* (Inaugural dissertacion, Zürich Universität) **1905**
- Annalen der Physik, **19** 289-306 (1906).

Albertas Einšteinas (14.03.1879 – 18.04.1955)



1

1905 A.Einšteino *akme's* metai.

A. Einstein, *Zur
elektrodynamik
bewegter Körper*,
Ann. Phys., **17**, 891-
921 (**1905**).

A. Einstein, *Ist die
Traghaiteines Körpers
von seinem
Energieinhalt
abhängig?*, Ann.
Phys., **18**, 639-641
(**1905**)

1

1905 A. Einšteino *akme's* metai.

A. Einstein, *Über einen die
Erzeugung und
Verwandlung des Lichtes
betreffenden
heuristischen
Gesichtspunkt*, Ann.
Phys., **17**, 132-148
(1905)

A. Einstein, *Über die von
der
molekularkinetischen
Theorie der Wärme
geforderte Bewegung
von in ruhenden
Flüssigkeits
suspendierten Teilchen*,
Ann. Phys., **17**, 549-
560 (1905)

1 Specialioji Reliatyvumo Teorija

Kodėl?

- Niutono mechanikoje
- Maksvelo Teorija

$$m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \vec{F}$$

- Reliatyvumo principas reikalauja invariantiškumo Galilėjaus grupės atžvilgiu

$$\left. \begin{aligned} x' &= x - ct \\ y' &= y, z' = z \\ t' &= t \end{aligned} \right\} \Leftrightarrow \mathbf{X}' = \mathbf{G} \otimes \mathbf{X}$$

$$\partial_\beta F^{\alpha\beta} = \frac{4\pi}{c} j^\alpha$$

- Reliatyvumo principas reikalauja invariantiškumo Lorencio grupės atžvilgiu

$$\left. \begin{aligned} x' &= \frac{x - ct}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \\ y' &= y, z' = z \\ t' &= \frac{t - xv/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \end{aligned} \right\} \Leftrightarrow \mathbf{X}' = \mathbf{L} \otimes \mathbf{X}$$



1

Specialioji Reliatyvumo Teorija

– Ko atsisakome, ką įgyjame.

Ko atsisakome:

1. Neribotų greičių
2. Absoliučios erdvės
3. Absoliutaus laiko
4. Galilėjaus transformacijų
5. Galilėjaus kinematikos
6. Niutono dėsnio
7. Ir kita ...

Ką įgyjame:

- Ribojamą greitį (c)
- Lorencio transformacijas
- Erdvėlaikį
- Einšteino kinematiką
- Minkovskio mechaniką
- Šviesos kūgį
- Ir kita ...

1

Specialioji Reliatyvumo Teorija

– Kas tai Trumpai.

- Mes gyvename erdvėlaikyje su geometrine struktūra

$$ds^2 = -dx^2 - dy^2 - dz^2 + c^2 dt^2$$

- **Efektyviai** užimame tik erdvėlaikio dalį šviesos kūgį (gyvenimas ant branos?)
- Jokiais fizikos eksperimentais **stebėtojas nenustatys savo rimties ar judėjimo.**

- Antrasis Niutono dėsnis įgyja keturmatę formą

$$\frac{dP^\alpha}{d\tau} = F^\alpha_{Mink.}$$

- Niutono dėsnio invariantiškumas Lorencio transformacijų atžvilgiu reikalauja **universalios** ramybės energijos

$$E = mc^2$$

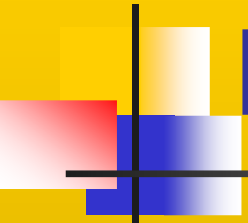
In der vor-relativistischen Physik gab es zwei verschiedene massenbedingte Erhaltung bzw. Bilanzgesetze, die ständige Gültigkeit beanspruchten, nämlich

"Ryšys tarp masės ir energijos ($E=mc^2$)"

pirmojo puslapio kserokopija

© המוצגות השנתיות במוזיאון

A. Einšteinas, 1921 m.



Nobelio premijos laureatas.

- "for his services to Theoretical Physics, and especially for his discovery of the law of the photoelectric effect"
- "Už nuopelnus teorinėje fizikoje ir ypatingai už fotoelektrinio efekto dėsnio atradimą"



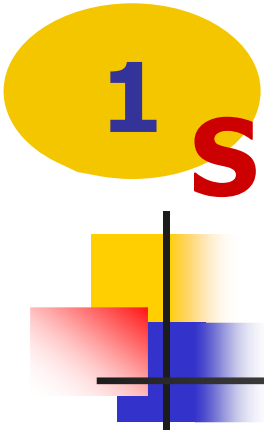
1

Specialioji Reliatyvumo Teorija

Prioriteto klausimai.

- *Bent šie **H.Lorenco**, **A. Einšteino**, **H. Puankare** ir **H. Minkovskio** darbai plačiai žinomi ir minimi SRT istoriografijoje.*

-
- 1. **Lorentz H.A.** Proc. Acad. Sci.- Amsterdam, **1904** v.**6**, p.806.
 - 2. **Einstein A.** Ann. d. Phys., **1905** b. **17**, p.891.
 - 3. **Poincare H.** Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo 1906, t. XXI, p.129.
 - 4. **Minkowski H.** Phys. Zs., 1909, b. **10**, p.104.



1

Specialioji Reliatyvumo Teorija

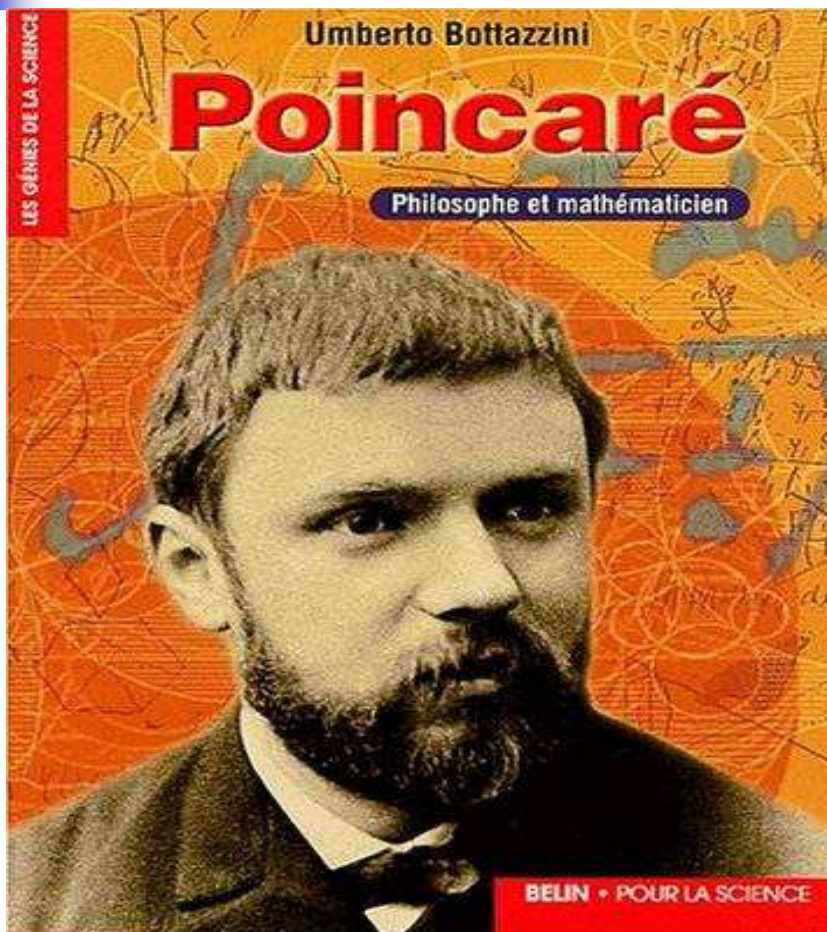
Prioriteto klausimai. Puankare

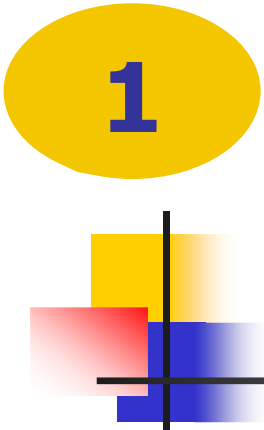
- *Tarp specialistų vyksta diskusija dėl 1898 ir 1900 m. **H. Poincare** darbų vertinimo. Juose iškelta **vienalaikiškumo reliatyvumas**.*
-
- **Poincare H.** Rev. Metaphys. Morales. 1898, t. 6, p. 1-13.
 - **Poincare H.** Archives Neerland, 1900, v. V, p. 252

1

Specialioji Reliatyvumo Teorija

Prioriteto klausimai. Puankare



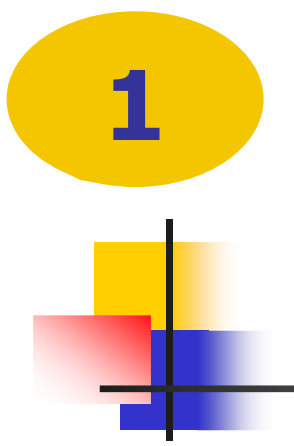


1

Eisteinas - Puankare

Besidomintys suras informaciją čia.

- <http://www.nouvelobs.com/articles/p2074/a247088.html>
- <http://www.lexpress.fr/idees/tribunes/dossier/allegre/dossier.asp?ida=430274>
- <http://www.physics.unr.edu/faculty/winterberg/Hilbert-Einstein.pdf>
- <http://xtxinc.com/>; <http://xtxinc.com/>



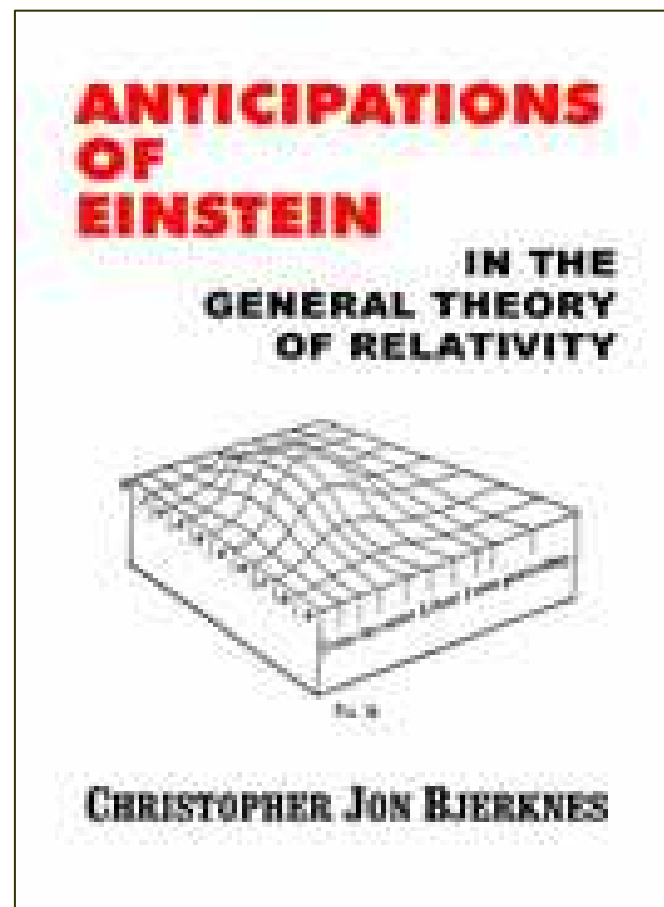
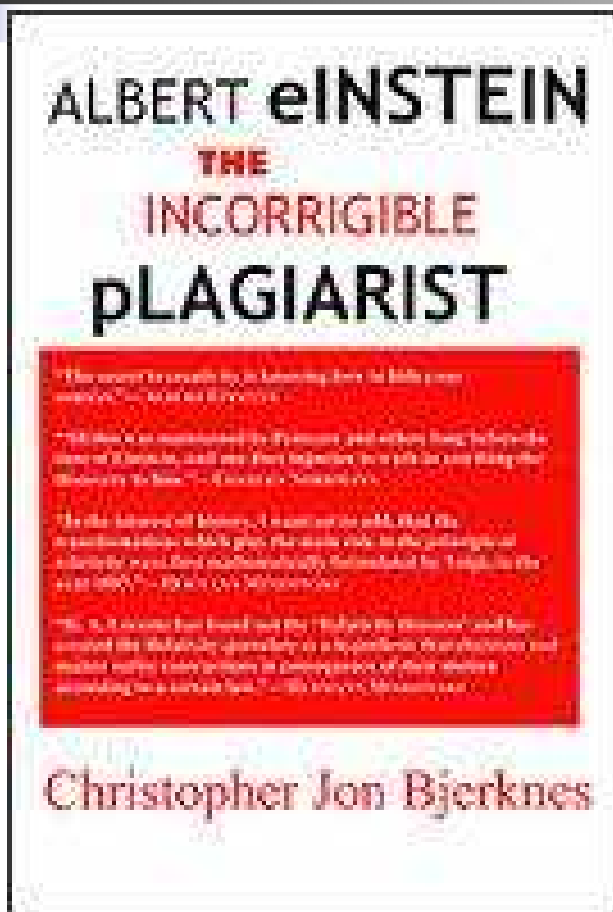
1

Kas dar pretenduoja į SRT kūrėjų laurus.

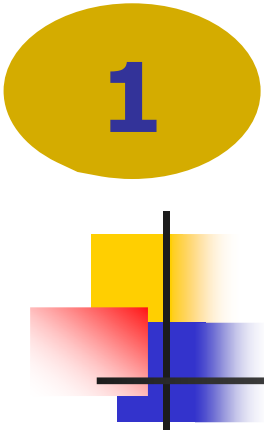
- **Ferdinand Ritter von Lindemann**
– matematikas, Miuncheno universiteto filosofijos fakulteto dekanas, nuo 1904 m. šio universiteto rektorius.
- Tvirtinama, kad Lindemannas savo darbą *Zur elektrodynamik bewegter Körper* paskelbė pakeistu Einšteino (Bern) vardu.
- Šaltinis: Peter Roch – vokiečių fizikas
- <http://whiteworld.ruweb.info/rubriki/000108/006/02052504.htm>

1

Lietuvoje išreklamuota Ch. Jon Bjorkneso knyga



Pirmoji Einšteino žmona - Mileva Einstein (Marič)? – išsiskyrė 1919 m.



1

Bjorkneso knygos Lietuvoje internetinės **recenzijos** **fragmentas**

- “Tokio pavadinimo knygą š.m. liepos mėnesį išleido JAV leidykla XTX Inc. Jos autorius Kristoferis **Jonas Bjerknesas** (Cristopher Jon Bjerknes).
- Knygoje parodoma, kad garsusis Albertas Enšteiną buvo karjeristas ir plagiatorius”. ...
- ...“Yra daug įrodymų, kad Einšteino žmona Mileva Einštein buvo tikroji autorė daugelio darbų, dabar priskiriamų Einšteinui”...



1

Specialioji Reliatyvumo Teorija

Prioriteto klausimai. Kitos nuomonės

- **Whittaker E.A.** History of the Theories of Aether and Electricity, The Modern Theories, 1900-1926. London, Thomas Nelson, 1953, p. 27-43.
- **Kesvani G.H.** The British Journal for the Philosophy of Science, 1965, v. XV, No. 60, p. 286-306; v. XVI, No. 61. p. 19-32.
- **Принцип относительности.** Сборник работ по специальной теории относительности (Ред. А. Тяпкин), Атомиздат. 1973 - 332с.

2

**Specialioji reliatyvumo
teorija (1905)**

**Bendroji reliatyvumo
teorija (1915)**

**Elementariųjų dalelių
teorija**

**Kleino ir Kaluzos
teorija (1926)**

**Asimetrinė Einšteino
teorija**

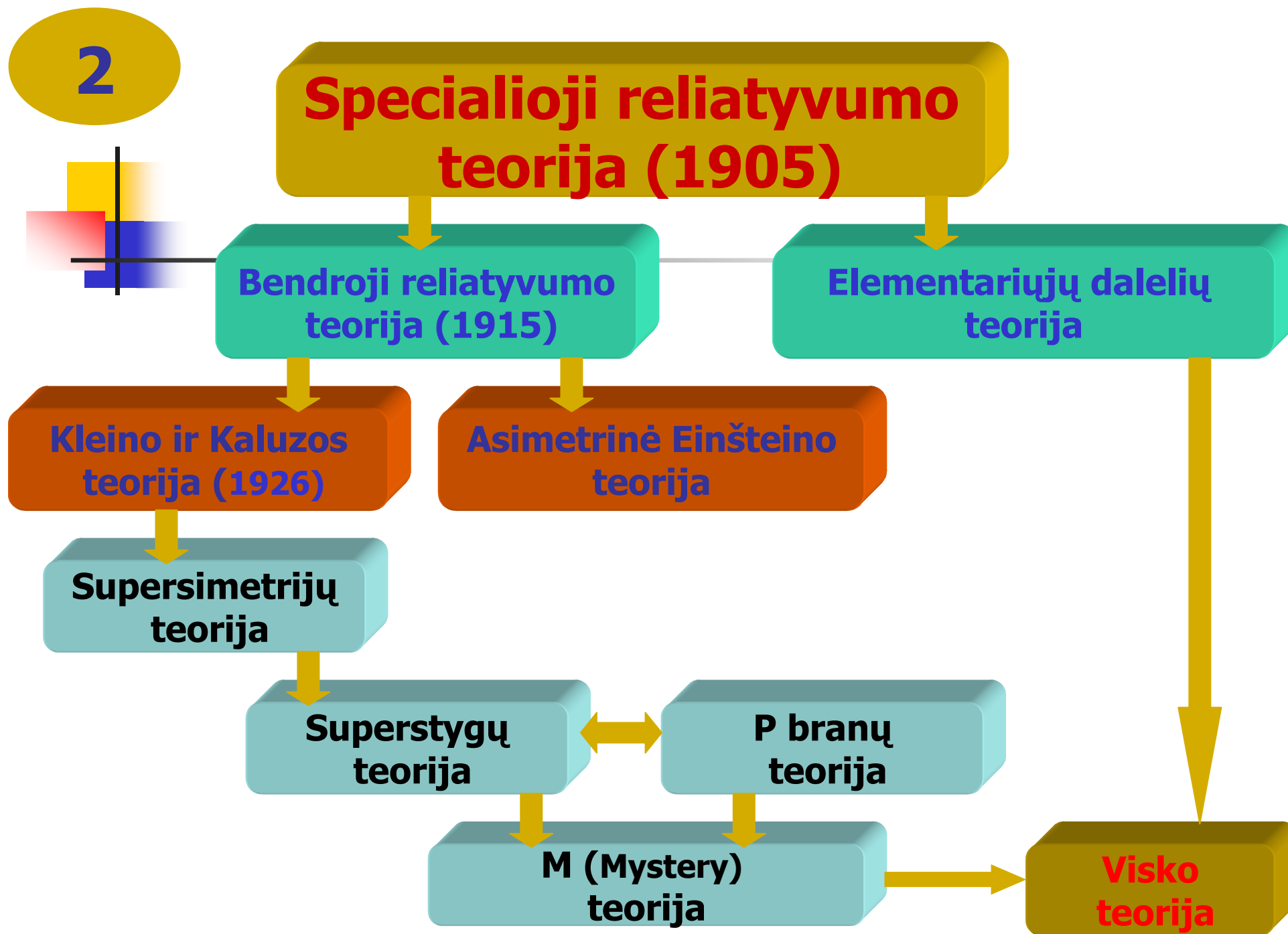
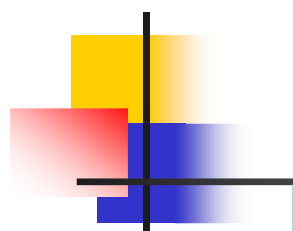
**Supersimetrijų
teorija**

**Superstygų
teorija**

**P branų
teorija**

**M (Mystery)
teorija**

**Visko
teorija**



Bendroji reliatyvumo teorija

– Einšteino surastas lobis.

- **1913** m. Kartu su **Grossmanu** publikuoja programinį straipsnį
- "**Bendrosios reliatyvumo teorijos ir gravitacijos teorijos projektas**"
- Baigtines lygtis gauna **1915**. Tačiau išsamus darbas pasirodo **1916** m.

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

Einstein A., M.Grossman, Z.Math. und Phys., **1913**, **62**, 225-261.

Einstein A., Ann. Phys., **1916**, **49**, p. 769-822.

Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie.

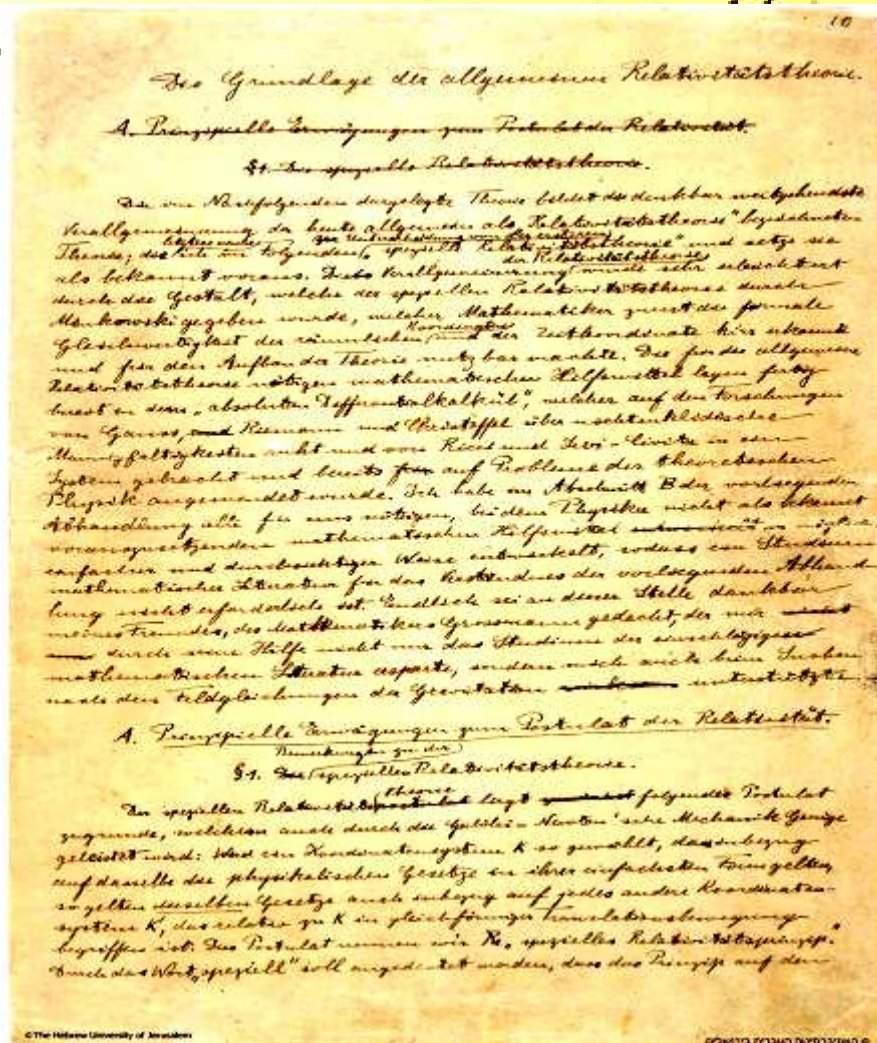
A. Prinzipielle Erwägungen zum Postulat der Relativität.

§1. Die spezielle Relativitätstheorie.

Garsiojo straipsnio

"Bendrosios reliatyvumo teorijos pagrindai"

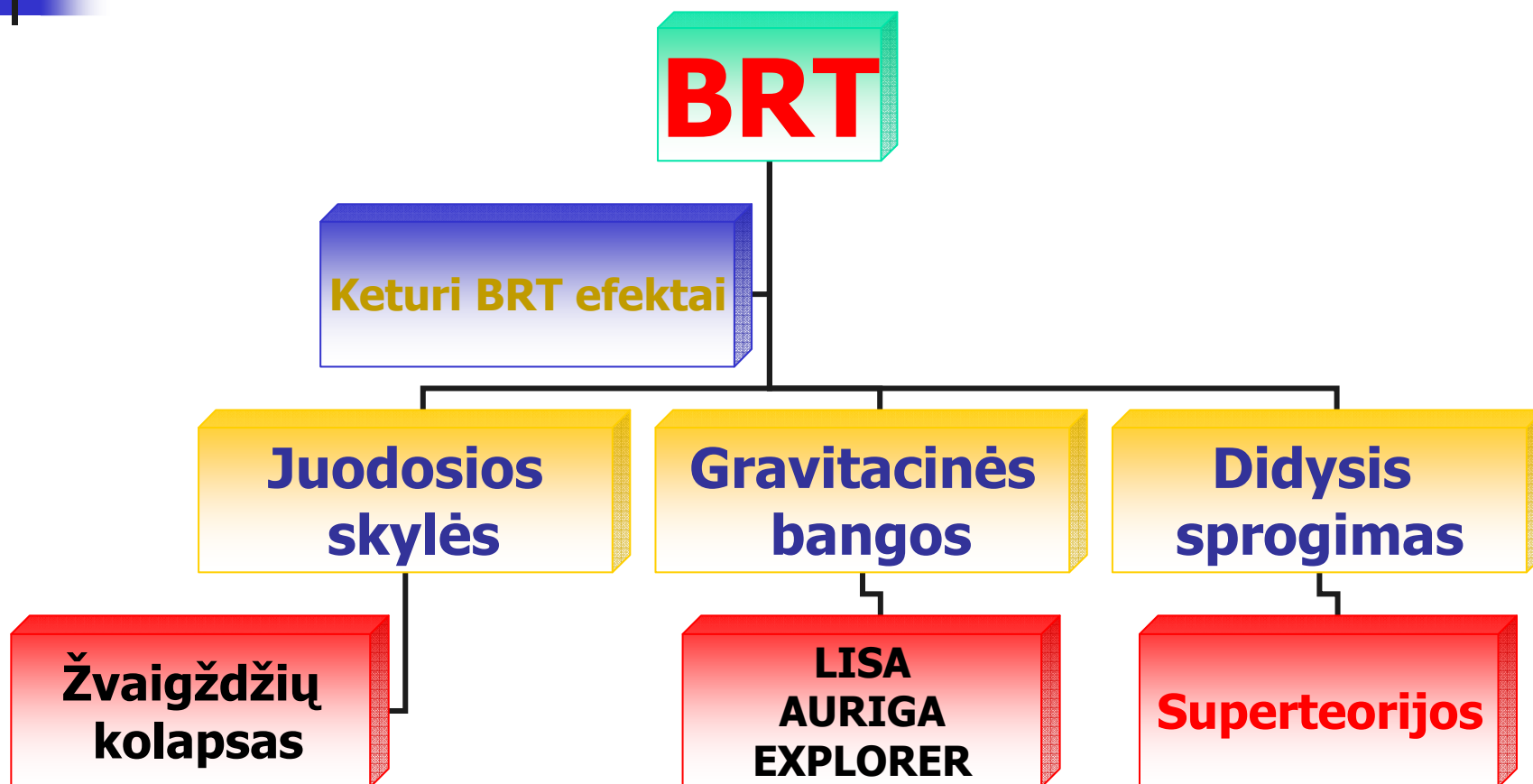
pirmasis puslapis (faximile).



3

Bendroji reliatyvumo teorija.

Kokį lobį surado Einšteinas.



3

BRT ir eksperimentas.

Klasikiniai eksperimentai

- Raudonasis spektro linijų poslinkis BRT

$$\frac{\Delta \nu}{\nu} \approx \frac{\varphi_s - \varphi_d}{c^2} \approx 2 \cdot 10^{-6}$$

- Saulės spektrų raudonasis poslinkis

$$\frac{\Delta \nu}{\nu} \approx \frac{\Delta \varphi}{c^2} \approx 2.5 \cdot 10^{-15}$$

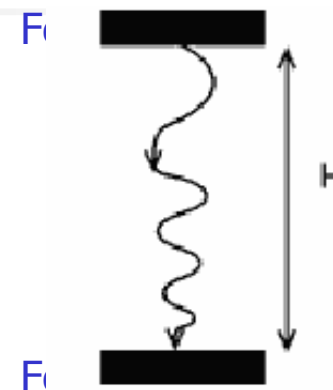
Einstein A. Ann. Phys., **1911**, 35, 898-908.

Harvardo universitetas

H= 22,5 m.

Tikslumas 1%.

Miosauerio efektas



Pound R.V., and J.L. Snider, Phys. Rev. Lett., 13, 539- 540, **1964**.

3

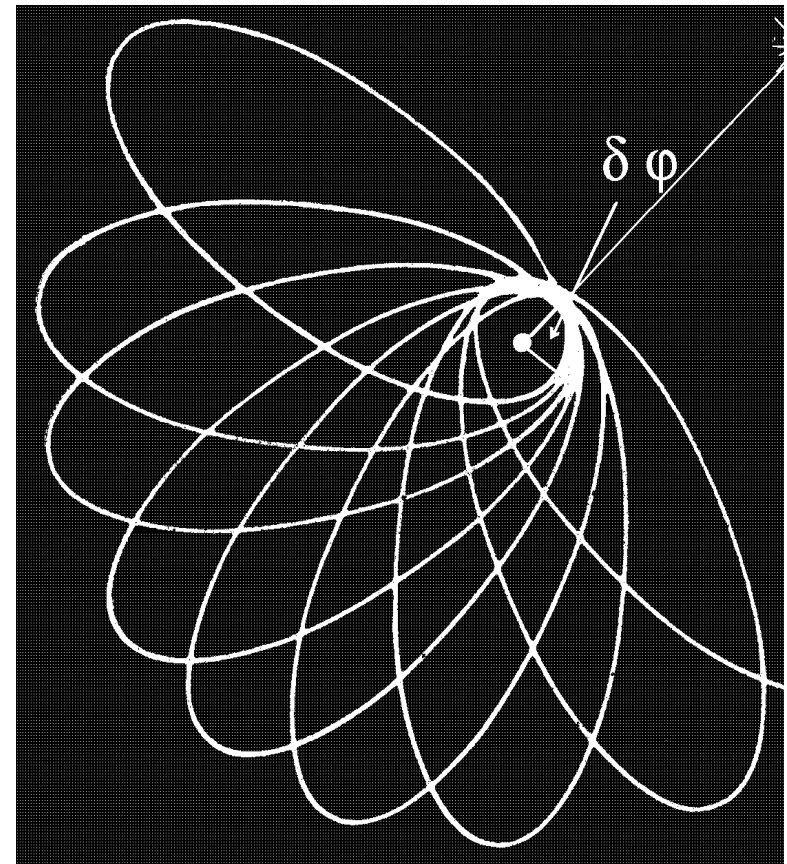
BRT ir eksperimentas.

Klasikiniai eksperimentai

- Merkurijaus perihelio posūkis

$$\delta \varphi = \frac{6\pi M}{c^2 a(1 - e^2)} \approx 43.03$$

Einstein A. Sitzungsber. Preuss.
Akad. Wiss., **1915**, 47, 831-839.



3

BRT ir eksperimentas.

Klasikiniai eksperimentai

Per 100 metų stebimas planetų perihelio poslinkis

Planeta	Eksperimentas	Teorija
Merkurijus	$43,11'' \pm 0,45''$	$43,03''$
Venera	$8,4'' \pm 4,8''$	$8,6''$
Ikarus	$9,8'' \pm 8''$	$10,3''$
Žemė	$5'' \pm 1,2''$	$3,8''$

3

BRT ir eksperimentas.

Klasikiniai eksperimentai

- Šviesos užlinkimas gravitacijos lauke

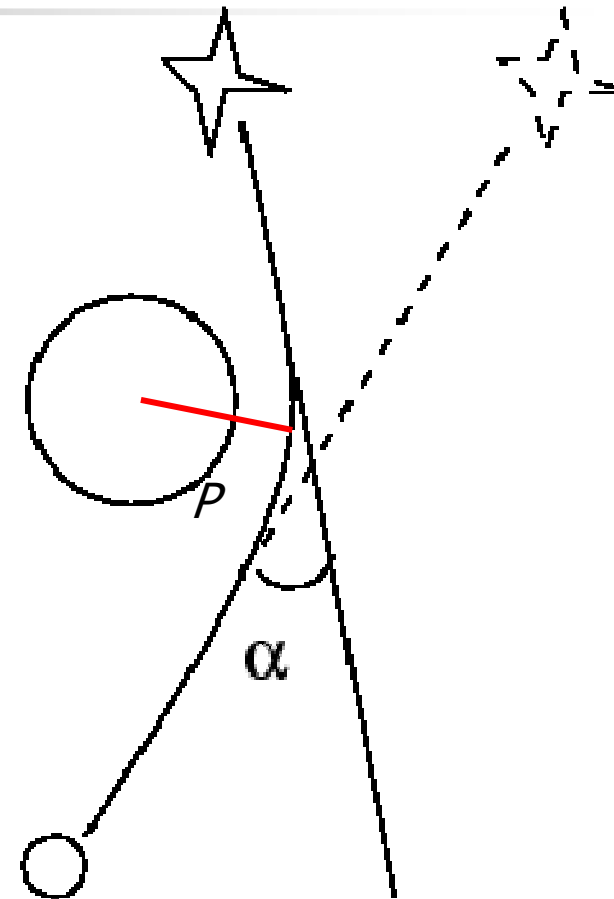
$$\alpha = \frac{2r_g}{P} = \frac{4\gamma M}{c^2 P}$$

- Spinduliai, kurie liečia Saulės limbą

$$\alpha_E = 1,75''$$

$$\alpha_N = \alpha_E/2$$

Einstein A. Ann. Phys., **1911**, 35, 898-908.



1984 m. duomenys, $\alpha = \alpha_E$

0,3% tikslumu

4

BRT ir eksperimentas.

Šapiro efektas

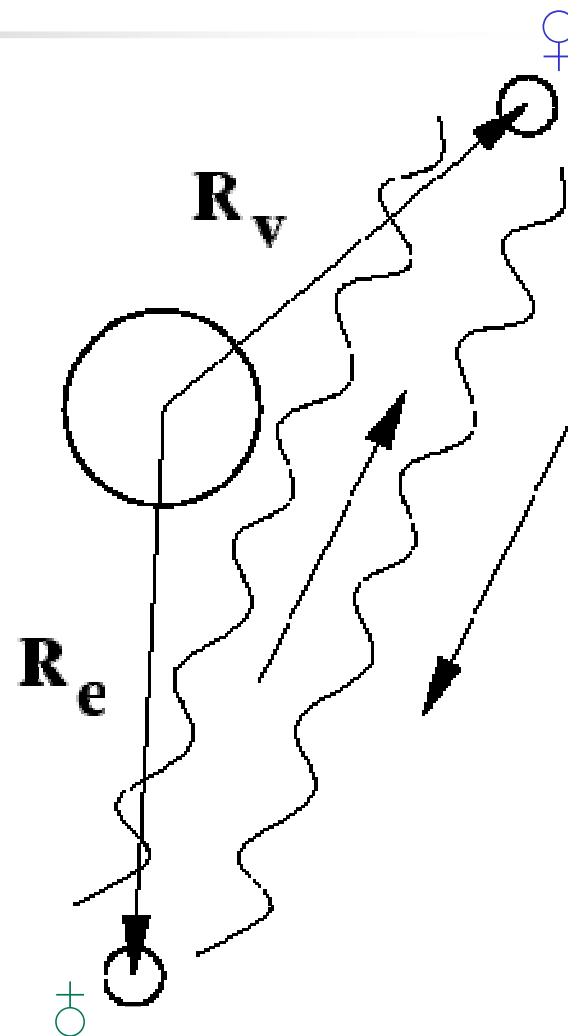
- Signalo **vėlavimas**, kelyje esant stipriam GL

$$\delta t \approx \frac{2r_g}{c} \ln \frac{R_e R_v}{P^2}$$

$$\delta t \approx 2 \cdot 10^{-4} \text{ s.} \Rightarrow 60 \text{ km}$$

1979 m. "Viking" programoje
efektas patvirtintas tikslumu **0,2%**

Shapiro I.I. Phys. Rev. Lett., 13, 789, **1964.**

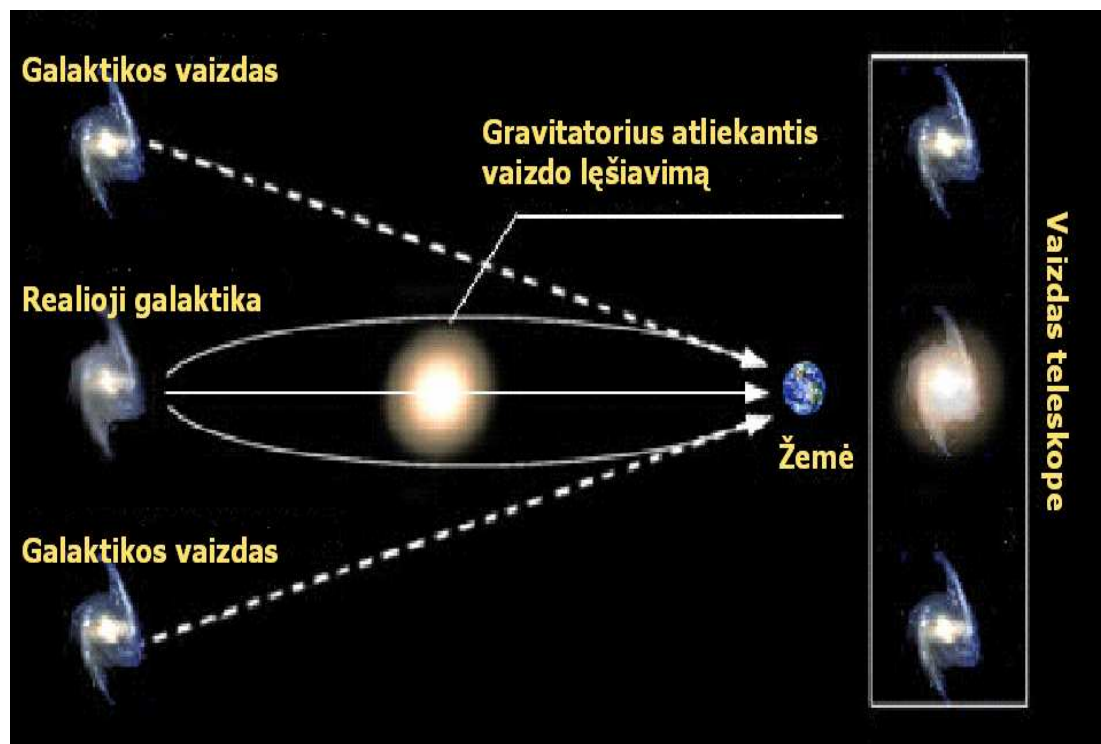


3

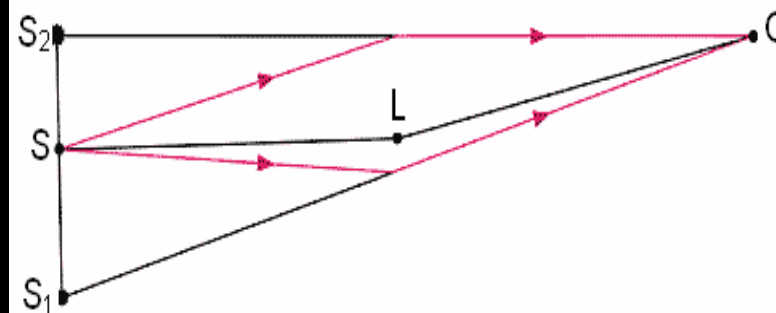
BRT ir eksperimentas.

Gravitaciniai lęšiai

$$\alpha = \frac{4M\gamma}{c^2 P}$$



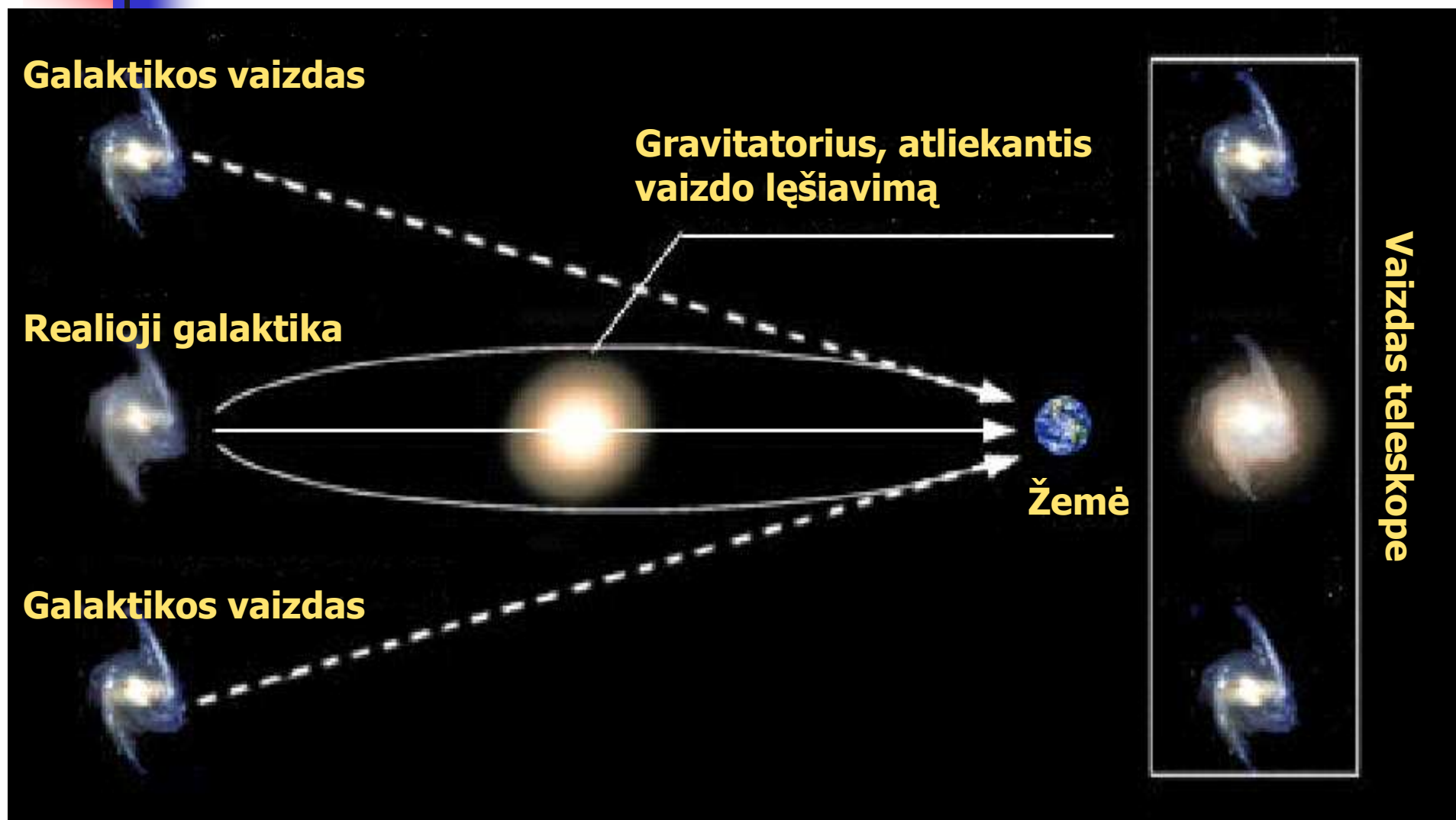
- Esant gravitatoriui **L** vienas taške **O** esantis šviesos šaltinis **S** stebimas kaip du **S₁** ir **S₂**.



3

BRT ir eksperimentas.

Gravitaciniai lęšiai



3

BRT ir eksperimentas.

Gravitaciniai lęšiai

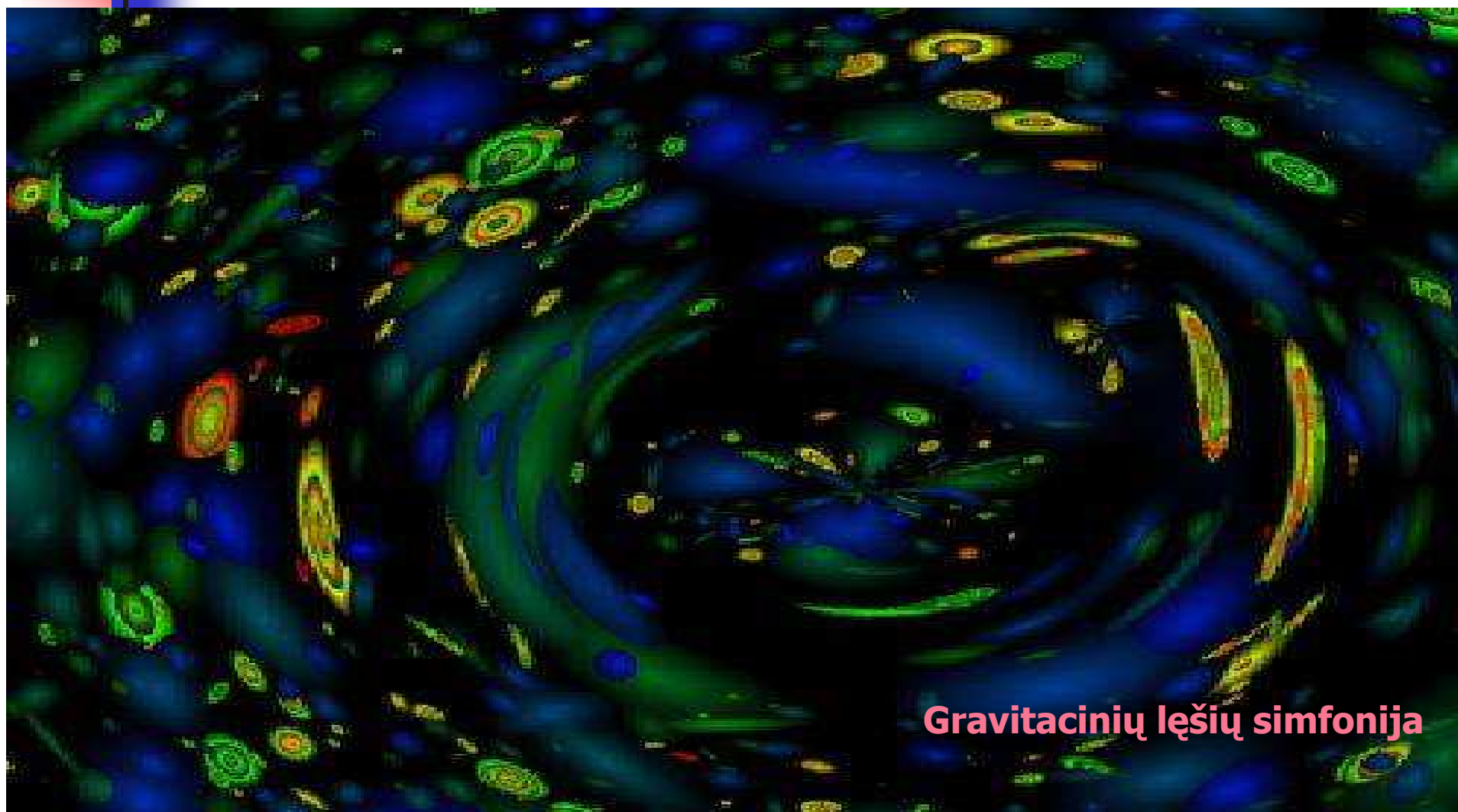


*Kvazaras QSO 2237 A, B, C,
D ("Einšteino Kryžius")*

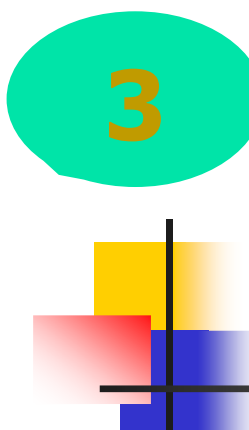
3

BRT ir eksperimentas.

Gravitaciniai lęšiai



Gravitacinių lęšių simfonija



3

BRT ir eksperimentas.

Gravitaciniai lęšiai

- **Kur ir kaip taikomi gravitacinių lęšių stebėjimai?**
- 1. Nepriklausomas būdas patikslinti **Hablo konstantą**.
- 2. Įvertinti **gravitatorių masę**.
- 3. Įvertinti realios galaktikos **komponentus (žvaigždes)**

3

BRT ir eksperimentas.

Nenukrypstantys palydovai

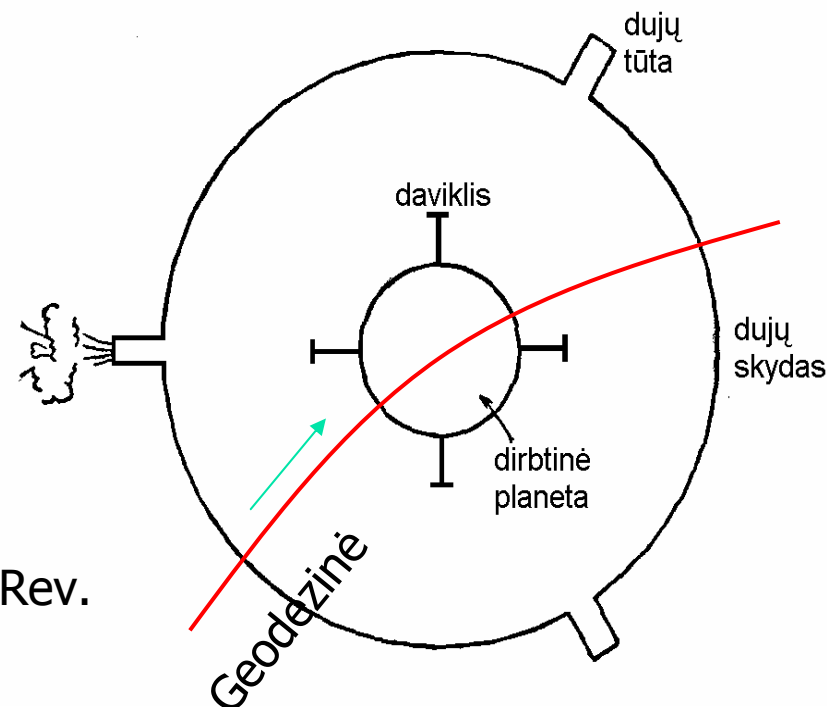
- Lenze ir Tiringo precesija

- Palydovas su geodezine orbita

$$\dot{\Omega} = \frac{2\gamma I\omega}{c^2 a^3 (1-e^2)^{3/2}}$$

Shapiro I.I. Phys. Rev. Lett., 13, 789, 1964.

Van Patten R.A., Everitt C.W.F. Phys. Rev. Lett. 36, 629-32, 1976.



4

Gravitacinės bangos – XXI jo amžiaus informacinis langas

- Pirmasis **gravitacinių bangų** egzistavimą BRT ir jomis kūnų išspinduliuotos energijos srauto įvertinimą **1918 m.** nustatė **A. Einšteinas**.
- **Pagrindiniai GB ir EB sutapimai ir skirtumai**

EB

Pernešimo greitis **c**

Pirmasis spinduliavimo multipolis – **dipolis**

Sąveikos konstanta **1**

GB

Pernešimo greitis **c**

Pimasis spinduliavimo multipolis – **kvadrupolis**

Sąveikos konstanta $\sim \gamma$

Einstein A. Über Gravitationwellen. Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss., **1918**, **1**, 154-167.

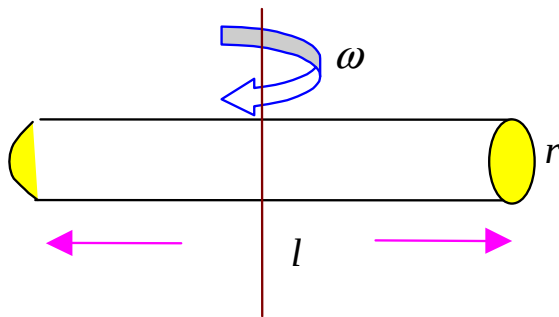
4

Gravitacinės bangos – XXI jo amžiaus informacinis langas

- **Einšteino** GB energijos srauto formulė:

$$I = -\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{\gamma}{45c^5} \ddot{D}_{i\kappa} \ddot{D}^{i\kappa}$$

- $D_{i\kappa}$ – sistemos kvadrupolinis tenzorius.



$l=20\text{m.}, r=1\text{m.},$

$\omega_{\max}=30 \text{ rad/s.}$

$$\frac{dE}{dt} \approx 2,210^{-22} \frac{\text{erg}}{\text{s}}$$

4

Gravitacinės bangos – XXI jo amžiaus informacinis langas

- **A. Apskritimu judanti dalelė išspind. galią:**

$$P = \frac{32G\Omega^6 M^2 R^4}{5c^5}$$

- **Jupiteris**, skriejantis savo orbita apie Saulę, gravitacinėmis bangomis spinduliuoja **$P \approx 5,3 \text{ kW}$** energijos srautą!

- **B. Dvinarių žvaigždžių spinduliuotė.**

$$\frac{dr}{dt} = \frac{96\gamma^3 m_1 m_2 (m_1 + m_2)}{5c^5 r^4} \omega$$

- Ši formulė buvo patvirtintos R.Hulso ir J.Teilorio darbuose, už kuriuos **1993** metais jiems buvo skirta **Nobelio premija**.

R.Hulse, I.Taylor. Astrhys. J. 195, 1975.

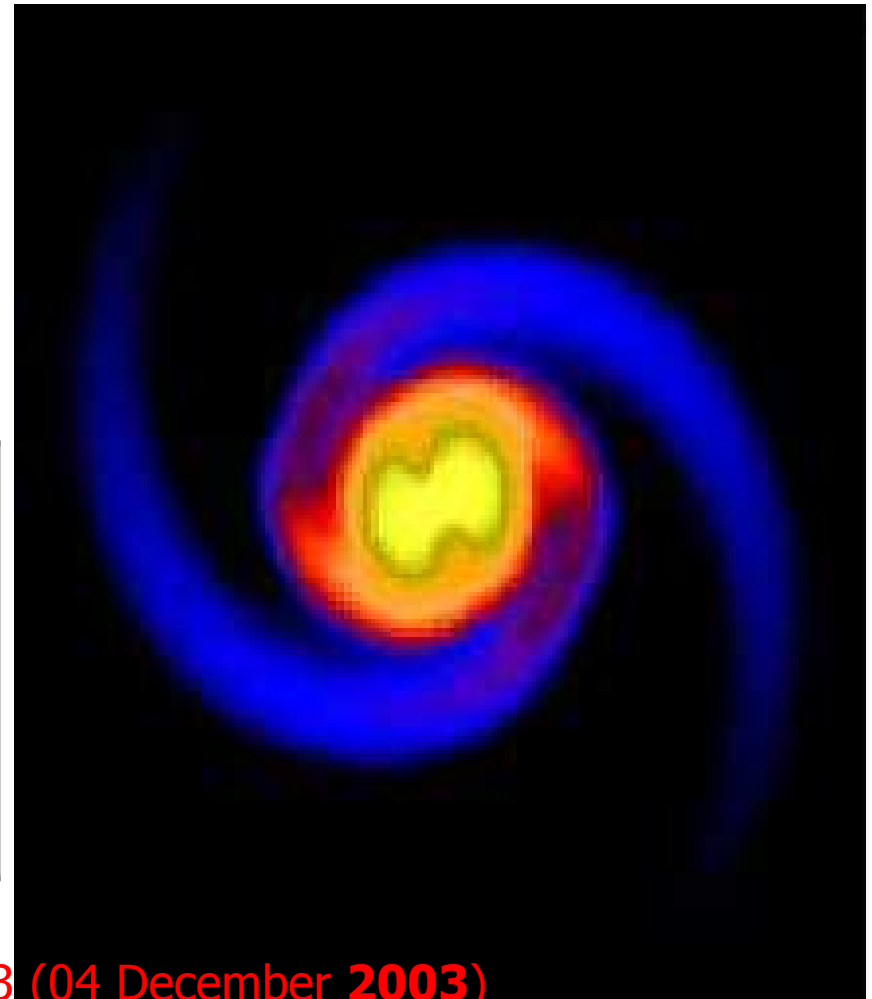
4

Gravitacinės bangos – XXI jo amžiaus informacinis langas

2003 metais atrasta
pati artimiausia dvinarė

Radiopulsaras
PSR J0737-3039

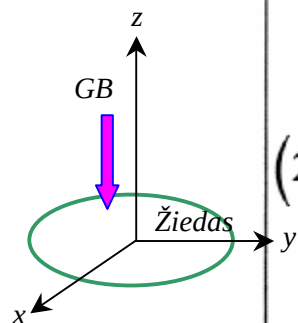
Pulsaro Periodas	0.022 s
Orbit. periodas	2.4 val.
Visa masė	2.58 $M_{\odot}$
Komp.susil.period	85 mln.m



M. BURGAY (and all) *Nature* **426**, 531 - 533 (04 December **2003**)

4

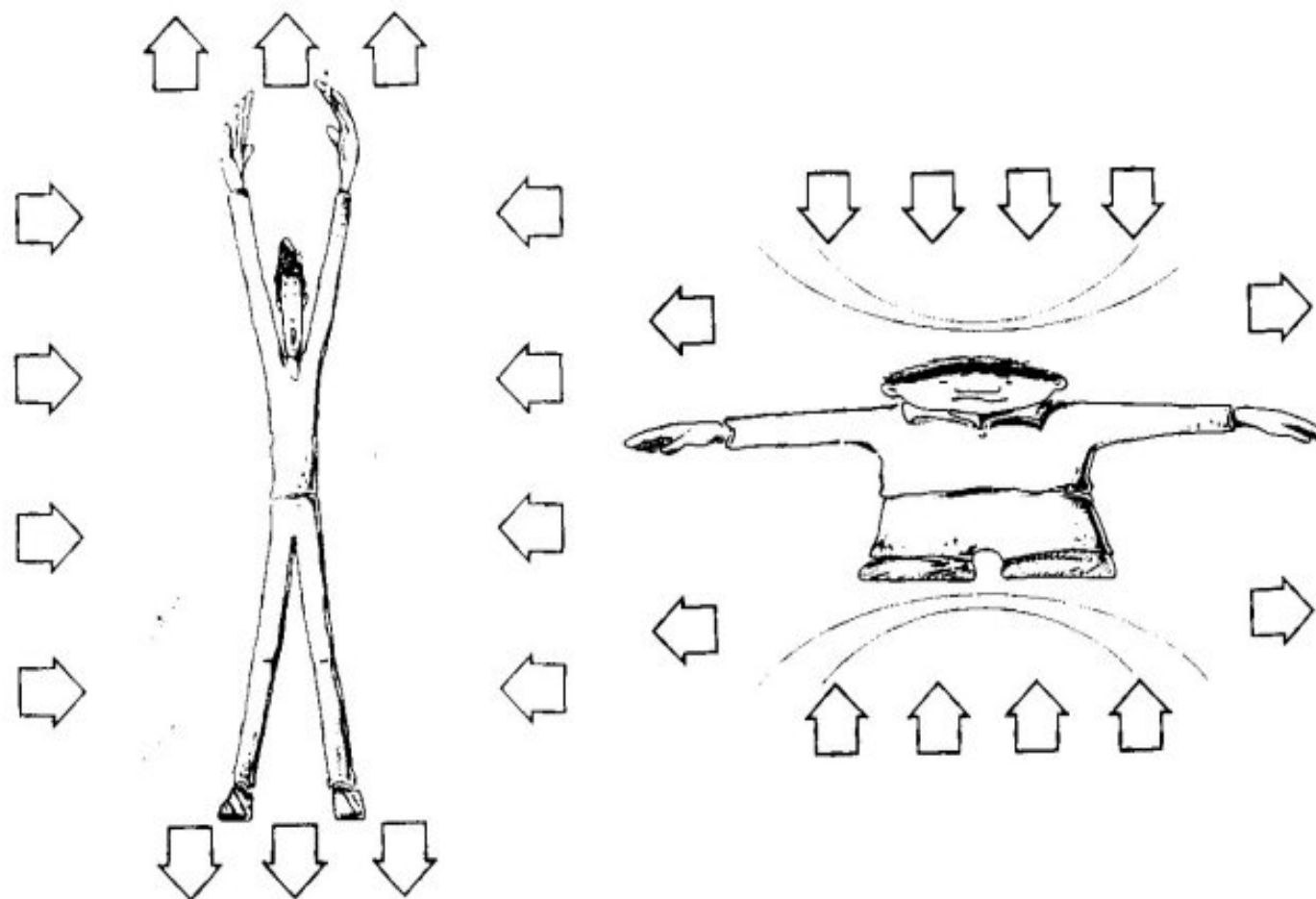
Gravitacinės bangos – XXI jo amžiaus informacinis langas



$\omega(t - z)$	Apskritimo, sudaryto iš bandomųjų dalelių deformacija			
	e_+	$e_\times$	e_R	e_L
$2n\pi$				
$(2n + \frac{1}{2})\pi$				
$(2n + 1)\pi$				
$(2n + \frac{3}{2})\pi$				

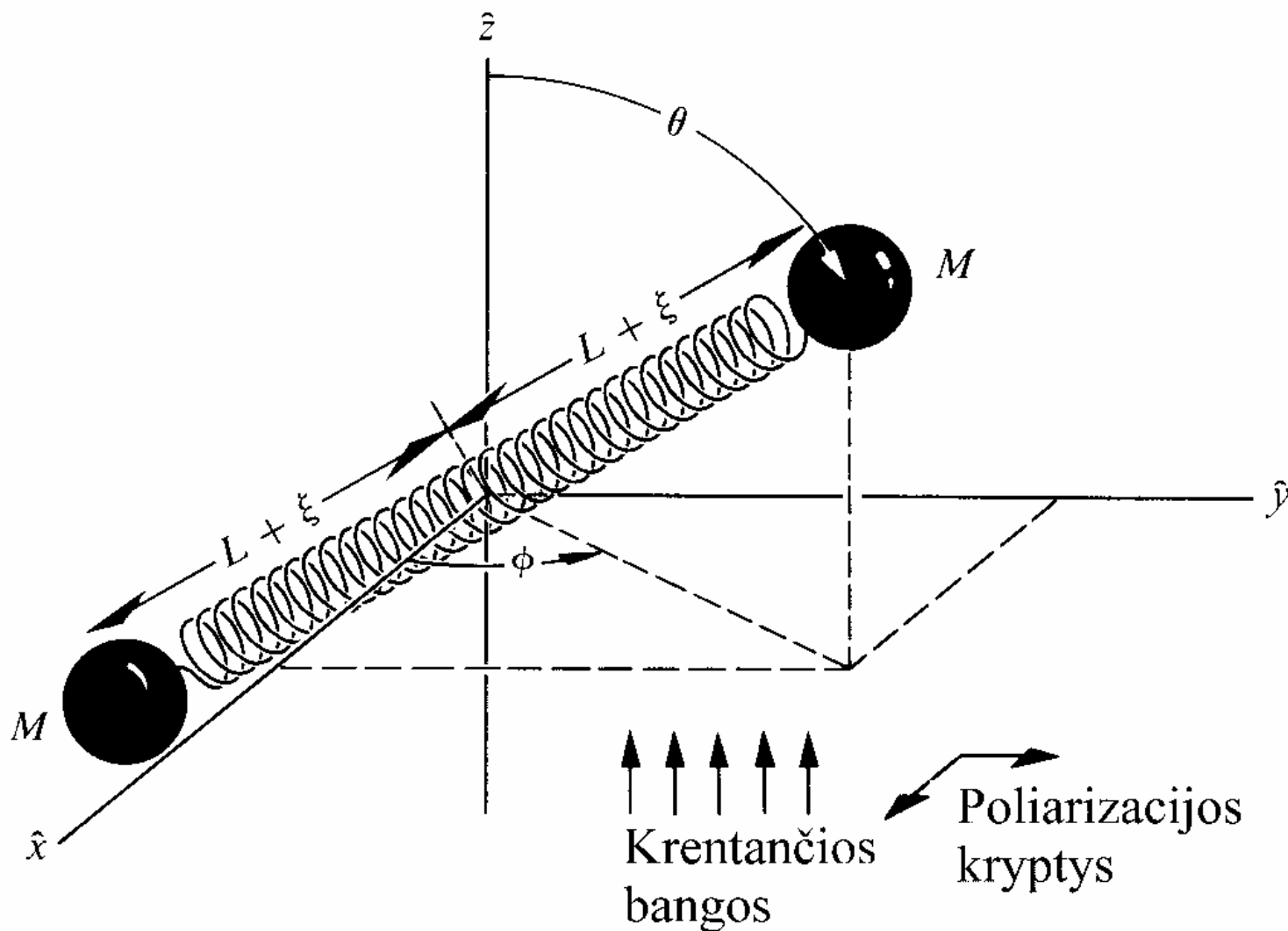
4

Gravitacinės bangos – XXI jo amžiaus informacinis langas



4

Gravitacinės bangos – Elementarioji GB Antena.



4

Gravitacinės bangos.

Veberio tipo GBA

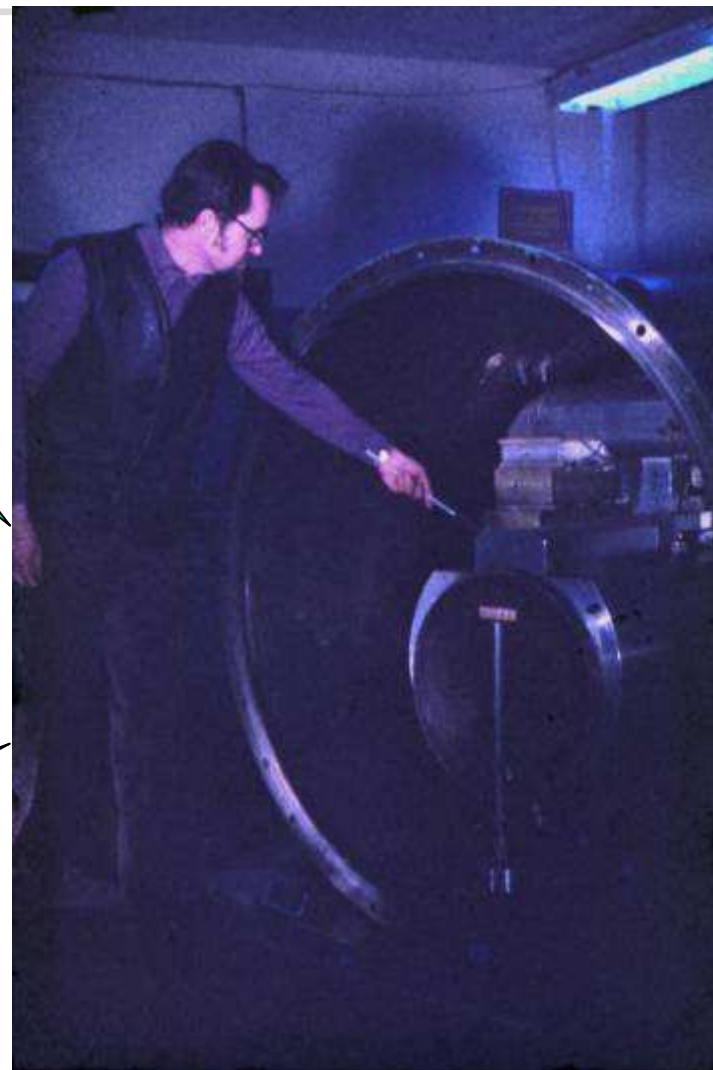
- **GBA Jautris** nusakomas 3 parametrais:

$$J \approx \frac{MQ}{T}$$

$\langle \delta l \rangle \sim kT$
 $\sim 10^{-15} \text{ cm.}$

- **M** - antenos masė
- **Q** - antenos mechaninė kokybė
- **T** - antenos Kelvino temperatūra.

Kijevo GB antena (1974-75 m.)



4

Gravitacinės bangos – tarptautiniai projektai

■ Mechaninės GBA

- **ALLEGRO** JAV projektas,
- **EXPLORER** Italų projektas,
- **NAUTILUS** Italų projektas,
- **AURIGA** Italų projektas,
- **NIOBE** Italų projektas.

- **GRAIL** Vokiečių projektas,
- **TIGA** JAV projektas,
- **SFERA** Italų projektas,
- **OMEGA** Italų projektas,

■ Lazerinės GBA

- **TAMA 300** Japonų projektas - bazė 300 m.
- **GEO 600** Anglų ir Vokiečių projektas - bazė 600 m.
- **VIRGO** Prancūzų ir Italų projektas - bazė 3 km.
- **LIGO** JAV projektas - bazė: 4 km
- **LISA** Kosminis projektas - bazė $5 \cdot 10^6$ km.

4

Gravitacinės bangos – **EXPLORER GBA CERNe**

jautris

$$h_{\min} \approx 10^{-18}$$

Temperatūra

$$T \approx 2 \text{ K masė}$$

– 2300 kg

diametras -
60 cm.

ilgis 3 m.

Savieji

virpesiai –
906 – 923 Hz.



3

Gravitacinės bangos – Nautilus GBA, Italija

Laboratori Nazionali di Frascati

jautris

$h_{min.} \approx 10^{-19}$

Temperatūra

$T \approx 0.1 \text{ K}$

masė

– 2300 kg

diametras – 60 cm.

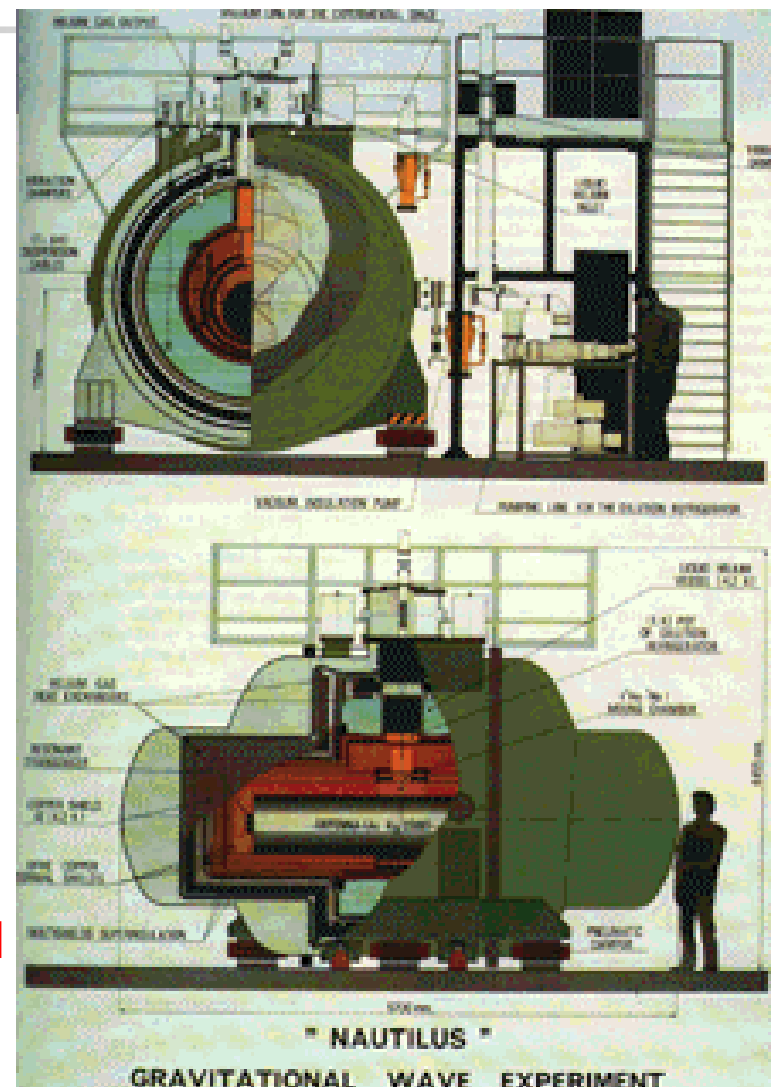
ilgis 3 m.

Savieji virpesiai – 908 –

924 Hz.

Study of the coincidences between the gravitational
wave detectors EXPLORER and NAUTILUS in **2001**

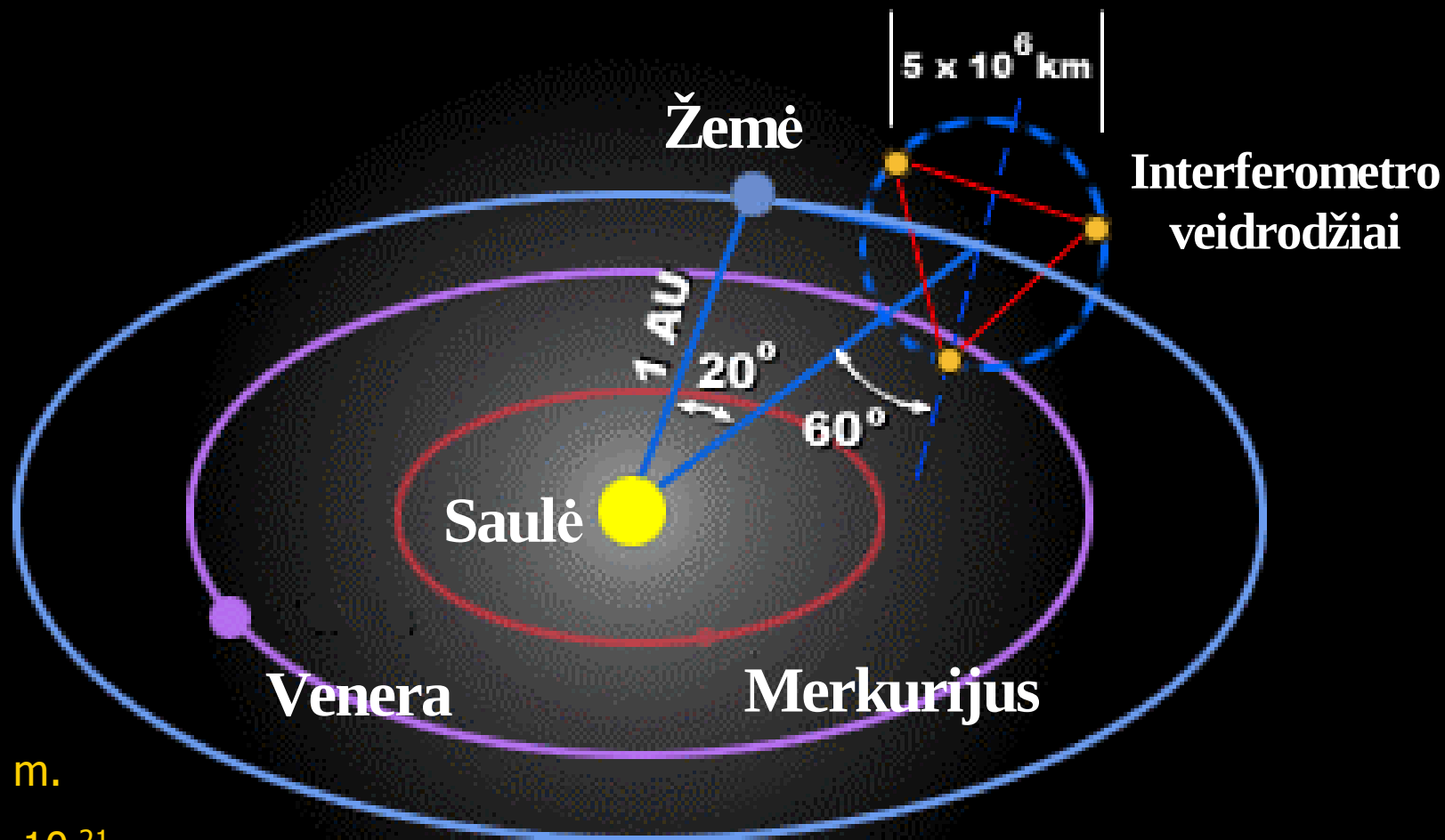
ArXiv:gr-qc/0210053 v1 17 Okt 2002



4

Gravitacinės bangos –

LISA Projektas

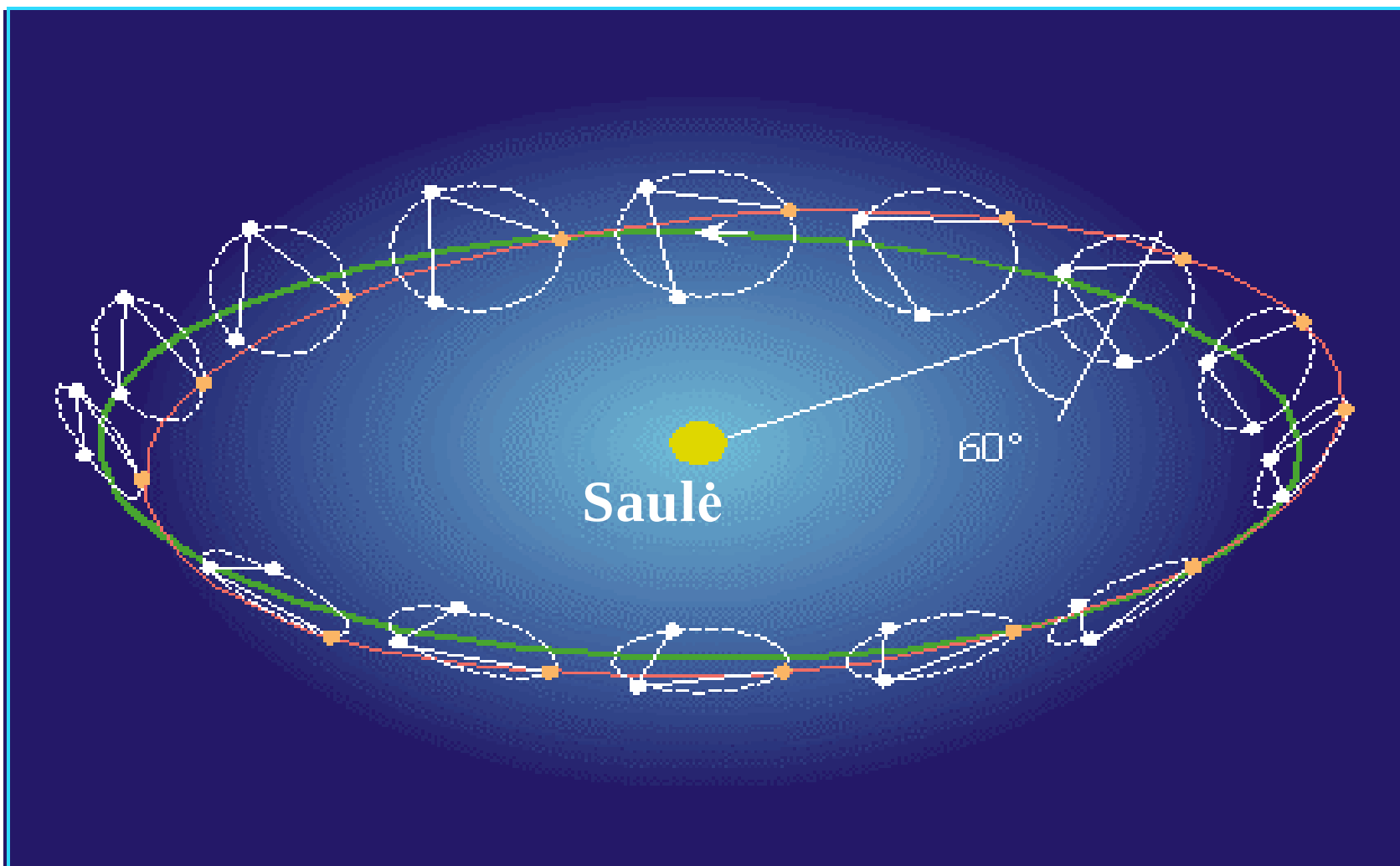


2017 m.

$h_{\min.} \approx 10^{-21}$

4

Gravitacinės bangos – LISA Projektas



5

Tamsioji materija, Λ narys ir Einšteinas

- Einšteinas, siekdamas savo teorija aprašyti Visatą (kosmologija), manė, kad ji turi būti stacionari. Tam prireikė pagrindines lygtis

$$G^{\mu\nu} = -\kappa T^{\mu\nu}$$

- pakeisti lygtimis

$$G^{\mu\nu} - \lambda g^{\mu\nu} = -\kappa T^{\mu\nu}$$

-
- **A. Einstein** Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie. Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss., **1917**, **1**, 142-152.

5

Tamsioji materija, Λ narys ir Einšteinas

- **Niutono teorija:**

- Puasono lygtis

$$\Delta\varphi = 4\pi\gamma\rho$$

- Laplaso lygtis

$$\Delta\varphi - \lambda\varphi = 4\pi\gamma\rho$$

- Sprendinio asimptotika

$r \rightarrow \infty$

$$\varphi \rightarrow 4\pi\gamma / \lambda$$

- **Einšteino teorija:**

- Einšteino lygtys

$$G^{\mu\nu} = -\frac{8\pi\gamma}{c^2} T^{\mu\nu}$$

- Pataisytos Einšteino lygtys

$$G^{\mu\nu} - \lambda g^{\mu\nu} = -\frac{8\pi\gamma}{c^2} T^{\mu\nu}$$

5

Tamsioji materija, Λ narys ir Einšteinas

- **1965 m. E.Glineris** pasiūlė Einšteino narį interpretuoti, kaip atitinkamos medžiagos (**vakuumo**) energijos ir impulso **tenzorių**. Dabar šią medžiagą vadina **tamsiaja medžiaga**
 - $T_{jk} = -\Lambda g_{jk} \rightarrow T_{jk} = (p + \varepsilon)u_j u_k + p g_{jk}$
 - Iš čia gaunama, kad **$\varepsilon = -p$**
-
- **Глинер Э.Б.** Алгебраические свойства тензора энергии-импульса и вакуумоподобные состояния вещества // ЖЭТФ. – **1965**. – Т. 49, вып. 2 (8). – С. 542.

5

Tamsioji materija, Λ narys ir Einšteinas

- **Tamsiosios medžiagos ypatumai:**
- - ji kuria stūmos jėgą (antigravitacija).
- - ji veikia kūnus tik kurdama papildomą gravitacinį lauką.
- - ji yra globalus reiškiny, užpildantis visą Visatą.
- - ji ypatingai reiškiasi tik pradinėje Big Bang stadijoje

6 Elektromagnetinio lauko geometrizacija. Papildomų laisvės laipsnių paieška.

Dvi galimybės:

- **A.** Pasilikti 4-matės erdvės koncepcijoje, atsisakyti metrinio tenzoriaus simetrijos

$$g_{\alpha\beta} \neq g_{\beta\alpha}$$

Einstein A., Sitzungber. d. Berl. Acad., **1925**, 414-419p.

- **B.** Koncepcijose atsisakyti 4-matės erdvės. Erdvėlaikis yra 5... n - matė erdvė.

Kaluza T., Sitzungber. d. Berl. Acad., **1921**, 1966s.

Klein O. Quantentheorie und fünfdimensionale Relativiststheorie, Zeits. f. Physik, **37**, **1926**, 895s.

6

BRT Apibendrinimai.

Kleino ir Kaluzos teorija.

- **Papildomų dimensijų ignoravimo problema:**

x

- **1. Kompaktizuoti**

$$x^{4+n} \in [0, 2\pi R]$$

R –
kompaktizavimo
Spindulys

- **2. Mes gyvename tik ant M_4 branos.**

6

BRT Apibendrinimai.

Asimetrinė Einšteino teorija

- 1. Erdvėlaikis **keturmatas**
- 2. Metrinis tenzorius **nėra simetrinis**

$$g_{\alpha\beta} = g_{(\alpha\beta)} + g_{[\beta\alpha]}$$

$$\Gamma^\sigma_{\alpha\beta} = \Gamma^\sigma_{(\alpha\beta)} + \Gamma^\sigma_{[\alpha\beta]}$$

$$\delta A^\mu = -\Gamma^\mu_{\sigma\tau} A^\sigma \delta x^\tau$$

- Papildomų funkcijų skaičius **16-10=6**.
- Tiek reikia nusakyti elektromagnetinio lauko stipriams

$$F_{\alpha\beta} = \frac{1}{2} (A_{\alpha,\beta} - A_{\beta,\alpha})$$

6

BRT Apibendrinimai.

Kleino ir Kaluzos teorija.

- Erdvėlaikis **penkiamatis**.
- Papildomų nepriklausomų funkcijų
4 → EM lauko potencialas.

$$A^\mu = (\vec{A}, \varphi)$$

Kaluza T., Sitzungber. d. Berl. Acad., **1921**, 1966s.

Klein O. Quantentheorie und fünfdimensionale
Relativiststheorie, Zeits. f. Physik, **37**, **1926**, 895s.

6

BRT Apibendrinimai.

Kleino ir Kaluzos teorija.

- **Pagrindinė hipotezė** – gravitacinio ir EM lauko Lagranžianas yra:

$$L_{\text{gm}} = \sqrt{G} \left(\frac{1}{2 c \kappa} {}^5R + L_m \right)$$

■ 5R - Penkiamatės erdvės fundamentinis tenzorius.

■ L_m - Kitos materijos Lagranžianas

■ $\sqrt{G}$ - Penkiamatės erdvės metrinio tenz. determinantas

6

BRT Apibendrinimai.

Kleino ir Kaluzos teorija.

- Penkiamatės "Einšteino" lygtys yra:

$${}^5R_{AB} - \frac{1}{2}R^5 G_{AB} = \kappa T_{AB}$$

Gravitacija

$$R_{\alpha\beta} - \frac{1}{2}Rg_{\alpha\beta} = -\frac{2k}{c^4} \left(F_{\alpha\mu} F_{\beta}^{\mu} - \frac{1}{4} g_{\alpha\beta} F_{\nu\mu} F^{\mu\nu} \right) + \kappa T_{\alpha\beta}$$

Elektrodinamika

$m/e = \text{const.}$

$$\Delta_{\alpha} F^{\alpha\beta} = \frac{c^2}{\sqrt{k}} \kappa T_A^{\beta} \lambda^A$$

6

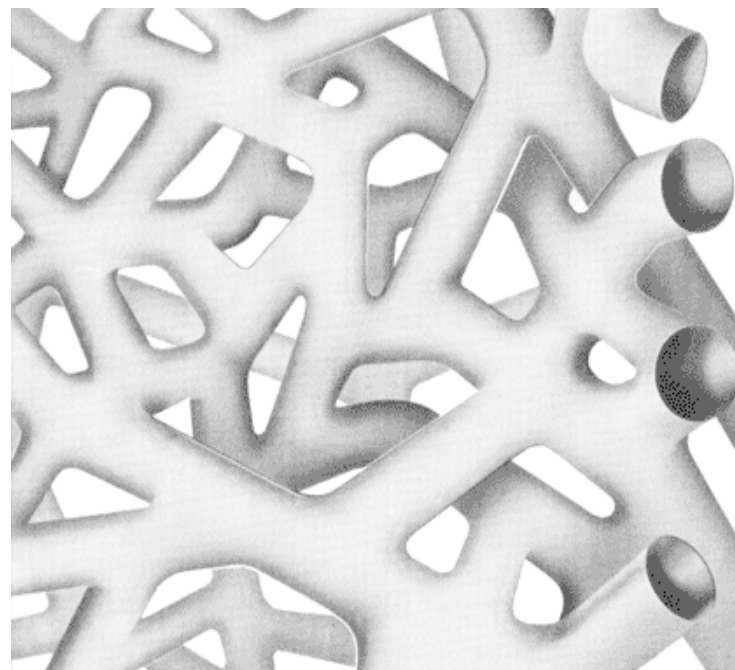
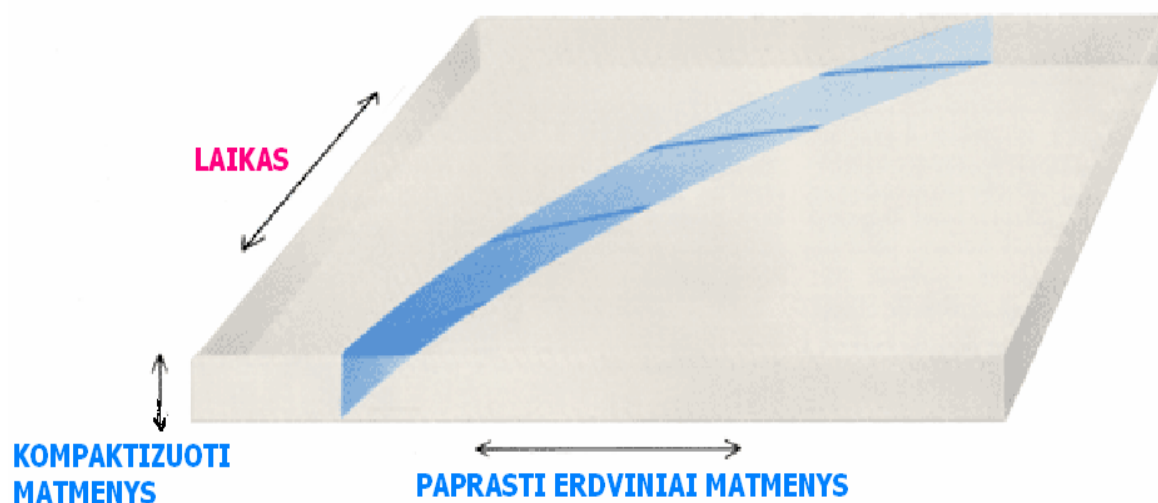
BRT Apibendrinimai.

Kompaktizavimas – kas tai?

- **Efektyvi** yra tik V_4 erdvė. Jos "*storis*" yra $l_p \sim 10^{-33}$ cm.

Tokia galima smukioji erdvėlaikio mikrostruktūra

$$\delta \approx l_p \approx 10^{-33} \text{ cm.}$$



6

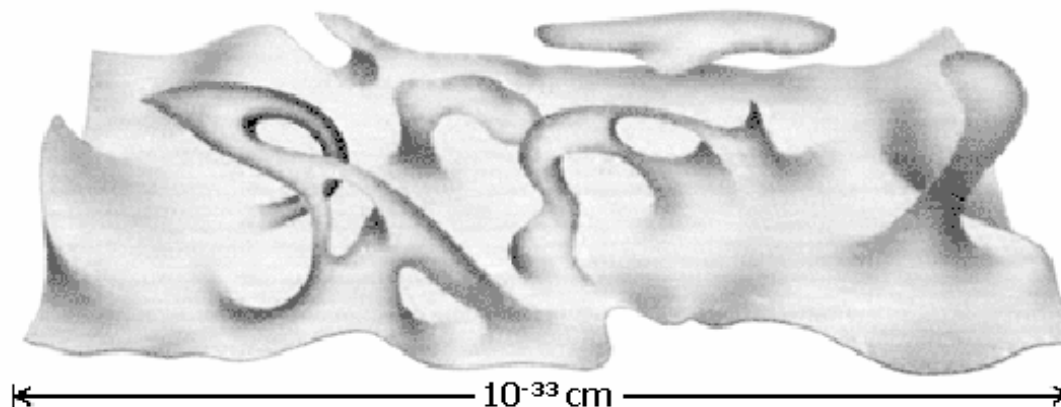
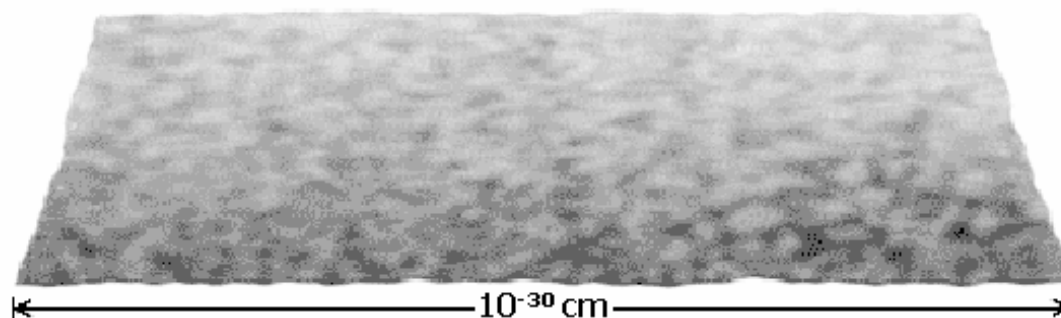
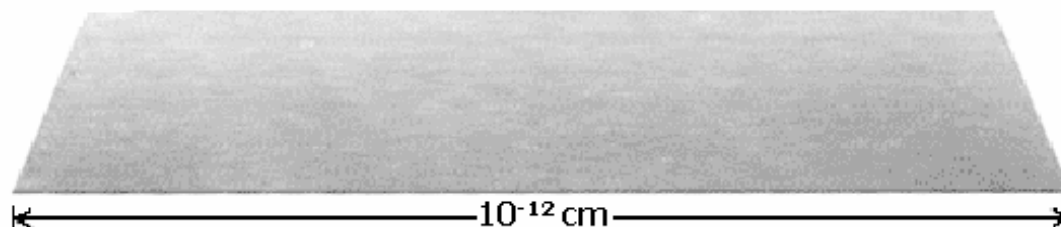
BRT Apibendrinimai.

Edvėlaikio smulkioji struktūra.

Smulkioji
topologinė
erdvėlaikio
struktūra atsiveria
tikrai nuo Planko
dydžių matmenų

$$l \approx 10^{-33} \text{ cm}$$

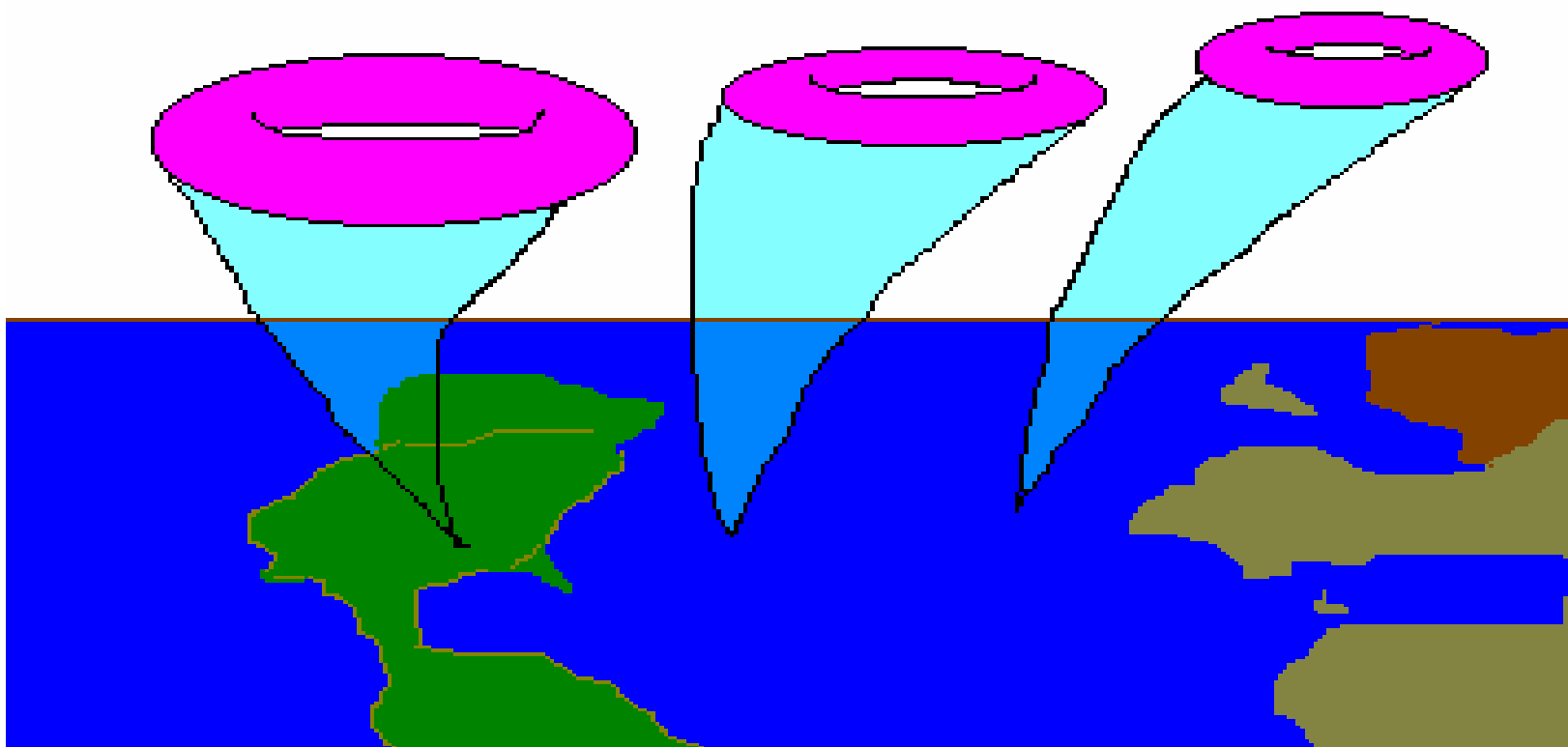
$$t \approx 10^{-43} \text{ s}$$



6

BRT Apibendrinimai.

Kompaktizuoti – ar bloga?



Kiekviena Žemės taške egzistuoja 6-matis toras?

6

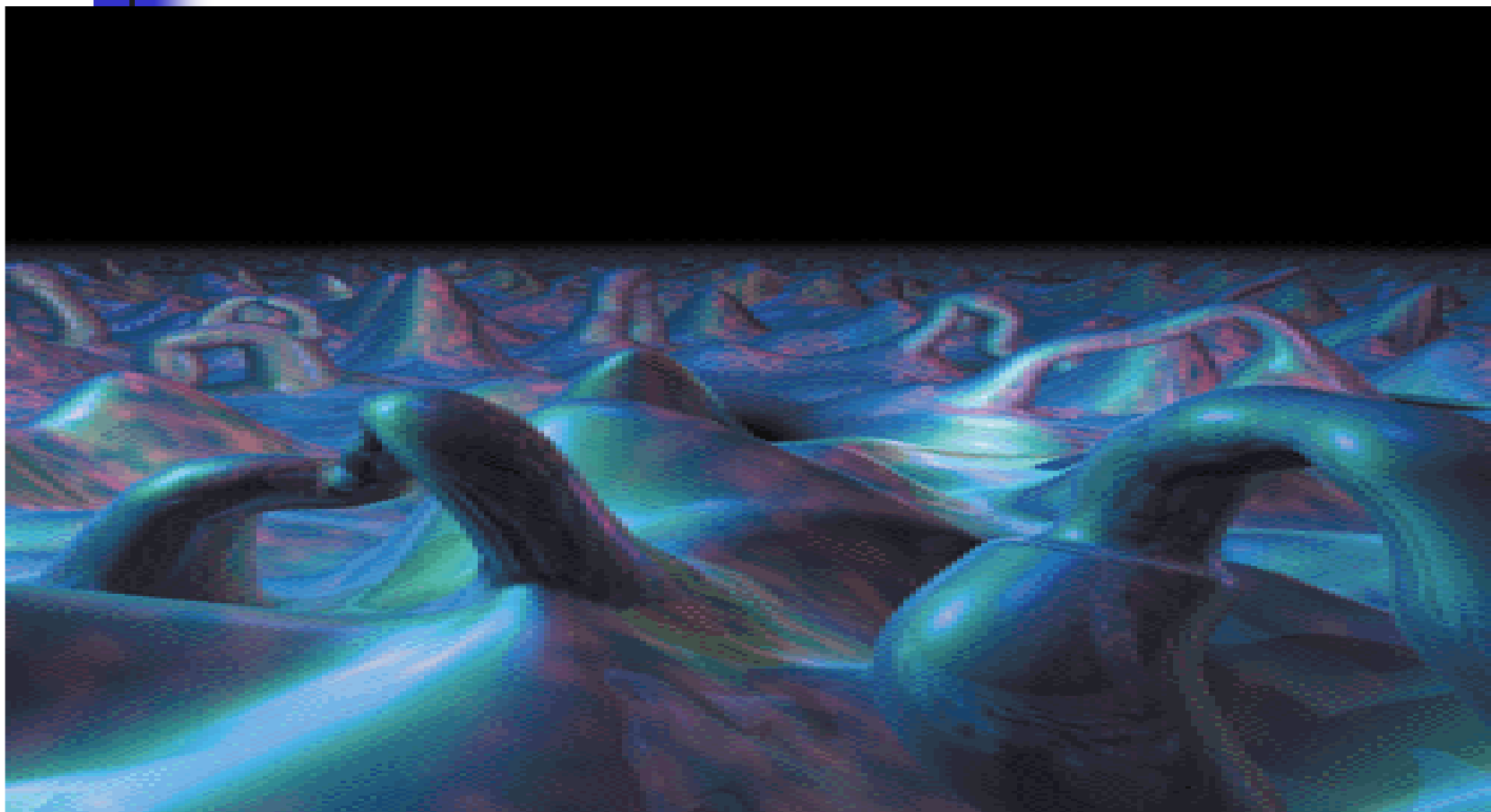
BRT Apibendrinimai. Planko dydžiai

- Ilgis $l_{Pl} = \sqrt{\hbar G / c^3} \approx 10^{-33} \text{ cm};$
- Laikas $t_{Pl} = l_{Pl} / c \approx 10^{-43} \text{ s};$
- Masė $m_{Pl} = \sqrt{\hbar c / G} \approx 10^{-5} \text{ g};$
- Energija $E_{Pl} = m_{Pl} c^2 \approx 10^{16} \text{ erg}$
- (arba 10^{19} GeV)

6

BRT Apibendrinimai.

Erdvėlaikio puta Planko matmenyse

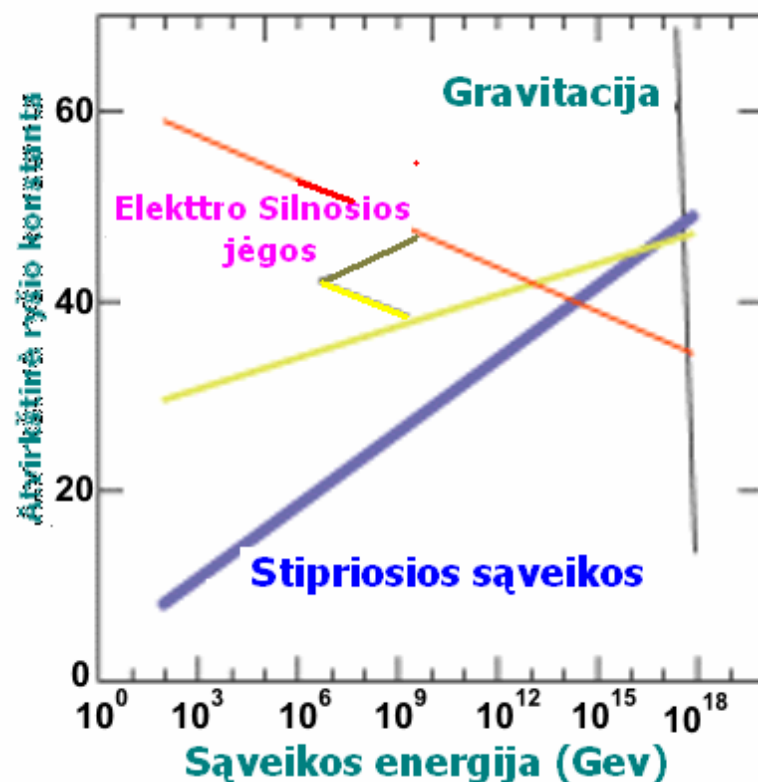


7

Sąveikų vienijimasis.

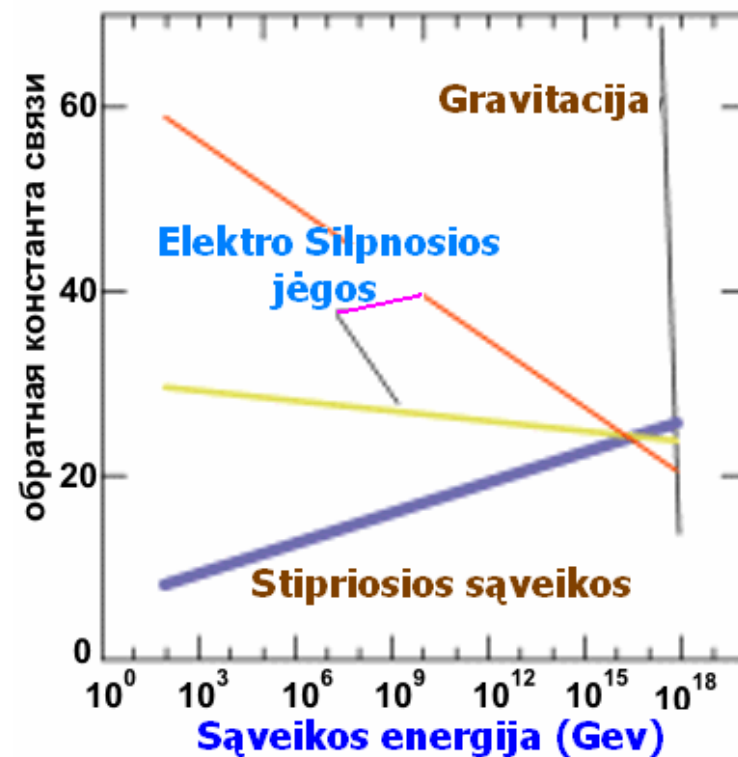
Kaip priklauso ryšių konstantos nuo energijos

A. Standartinis Modelis



B.

Standartinis Modelis +Supersimetrija



7

Sąveikų vienijimasis.

Elementariųjų dalelių "Žvėrynas"

Elementariosios dalelės

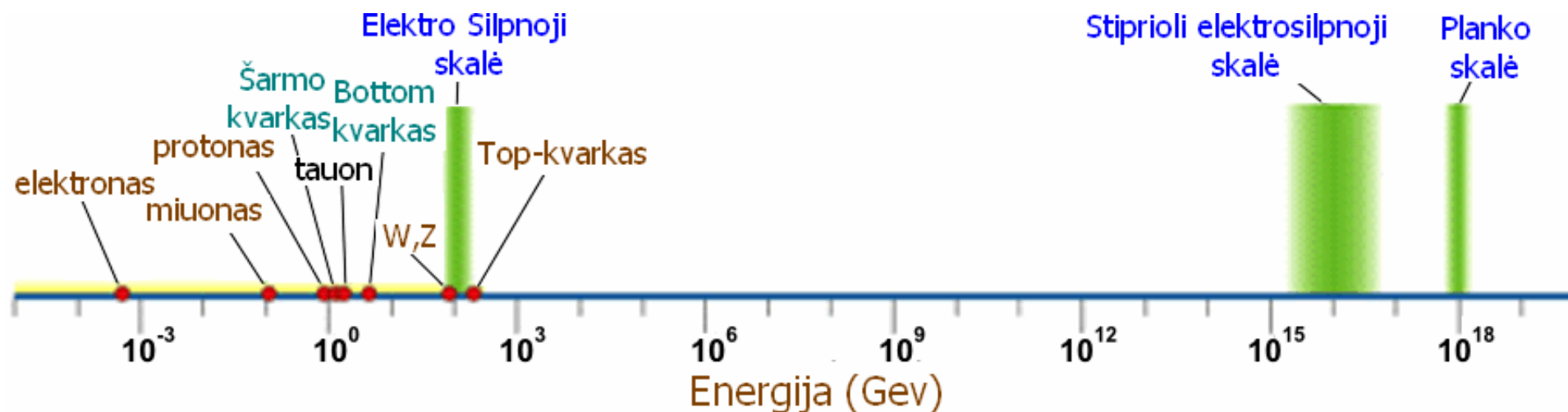
Quarks	u up	c charm	t top	γ photon	Force Carriers
	d down	s strange	b bottom		
	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino		
Leptons	e electron	μ muon	τ tau	Z Z boson	
				W W boson	

I II III
Trys materijos šeimos

7

Sąveikų vienijimasis.

Kaip sąveikos priklauso nuo energijos



7

Sąveikų vienijimaisi fizikoje atgimusi Einšteino svajonė

Elektra

Magnet.

Elektrom. sąveika

$$\alpha_e \sim 10^{-2}$$

Silpnoji sąveika

$$\alpha_w \sim 10^{-6}$$

Stiprioji sąveika

$$\alpha_s \sim 1$$

Gravitac. Sąveika

$$\alpha_G \sim 10^{-38}$$

Elektro Silpnoji
sąveikaDidysis
SusivienijimasSupersimetrinė
sąveika

$$\begin{aligned} E &= 100 \text{ GeV} \\ T &= 10^6 \text{ K} \\ R &= 10^{-16} \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= 10^{15} \text{ GeV} \\ T &= 10^{29} \text{ K} \\ R &= 10^{-29} \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= 10^{19} \text{ GeV} \\ T &= 10^{33} \text{ K} \\ R &= 10^{-33} \text{ cm} \end{aligned}$$

Sąveikų vienijimasis.

Elektrosilpnoji sąveika

- Šios sąveikos vienijasi, kai yra tokios sąlygos:
 - $E=100 \text{ GeV}$
 - $T=10^6 \text{ K}$
 - $R=10^{-16} \text{ cm}$
- Atsiranda silpnas sąveikas pernešančios dalelės
 - $W_{\pm}$ bazonai, Z - bazonas

7

Sąveikų vienijimasis. Elektrosilpnoji sąveika



Sheldon Glashow



Abdus Salam



Steven Wainberg

1979 m. Nobelio premija

“Už indėlį vieningos silpnųjų ir elektromagnetinių sąveikų teorijoje tarp elementariųjų dalelių, tame tarpe už silpnų neutraliųjų srovių nusakymą”

Sąveikų vienijimasis.

Standartinis modelis

- Vienijasi elektrosilpnoji ir stiprioji sąveikos. Raikalingos tokios sąlygos

- $E=10^{15}$ GeV

- $T=10^{29}$ K

- $R=10^{-29}$ cm

- Supernovų sprogime gaunamos temperatūros

- $T=10^{12}$ K

- Todėl ši teorija reali tik **Big Bang** pradžioje

- **Trūkumai:**

1. Reikalinga daug fenomenologinių parametrų (apie 20)
2. Norint gauti dalelių masių spektrus reikia postuluoti Higgso skaliarinį lauką
3. Nėra "*experimentum crucis*"
4.

Sąveikų vienijimasis.

Supersimetrija

- Pagrindinė supersimetrijos idėja

Fermionai

Fermi-Dirako
statistika, medžiagos
dalelės

pusiau sveikas
sukinys

$$\frac{n\hbar}{2}$$

Ekvivalentiškumas

Kalibravimo
laukai

Bazonai

Boze-Einšteino
statistika, lauko
kvantai

Sveikas sukinys

$$n\hbar$$

Bazonas $\cup$ Fermionas $\leftrightarrow$
supermultipletas

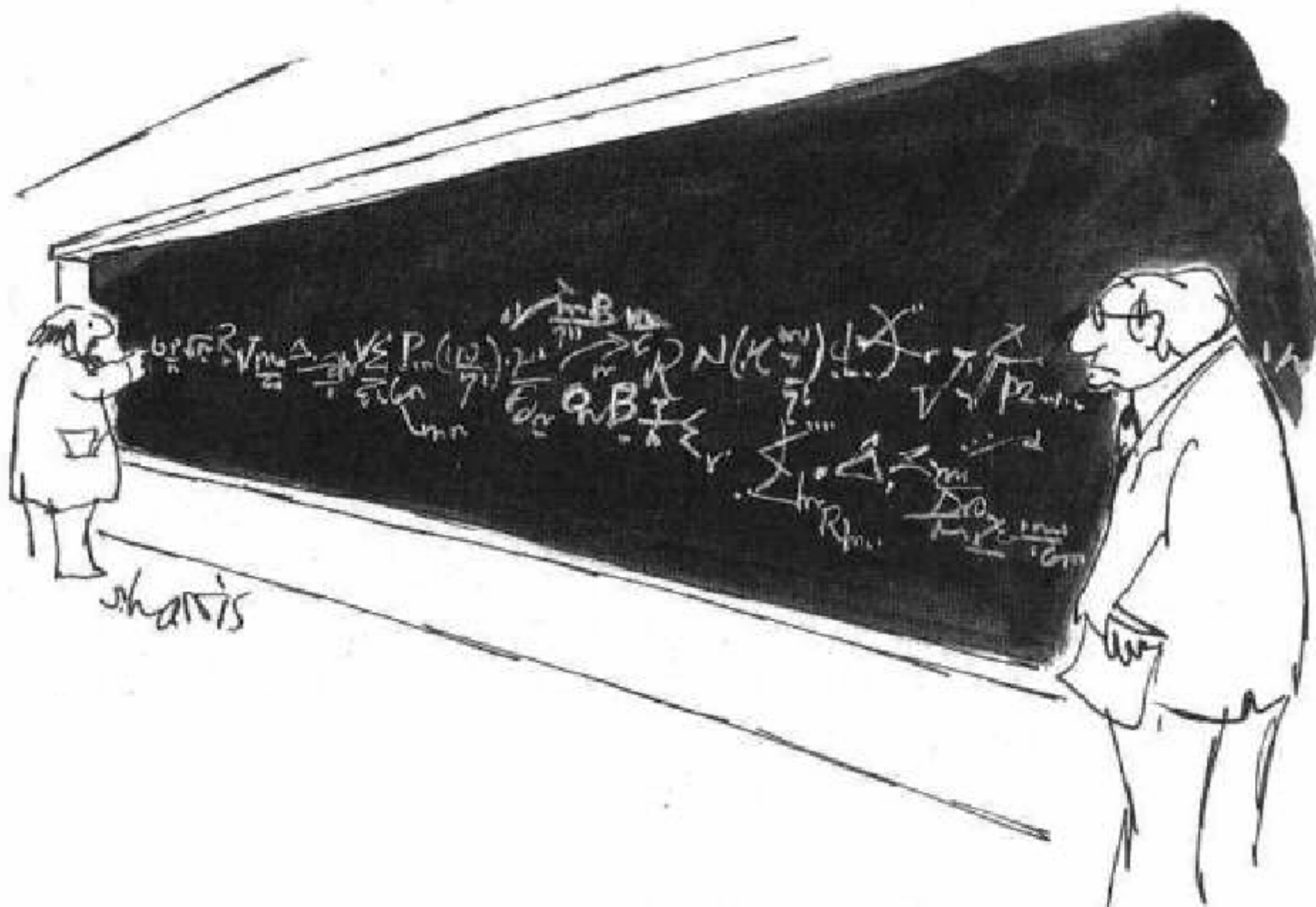
Гольфанд Ю. Лихтман Е. Письма в ЖЭТФ, **1971**, т.13, в.8 с. 452.

Wess J., Zumino B. Phys. Lett. **1974**, v. 49B, 52 p.

7

Číslo 156

Toks šios teorijos



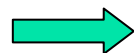
Sąveikų vienijimasis.

Supersimetrija. Superpartneriai

- Pagrindinė superteorijų išvada – **kiekviena žinoma dalelė turi savo superpartnerį**

bazonas $\leftrightarrow$ **fermioną**

fermionas $\leftrightarrow$ **bozoną**



BAZONAI



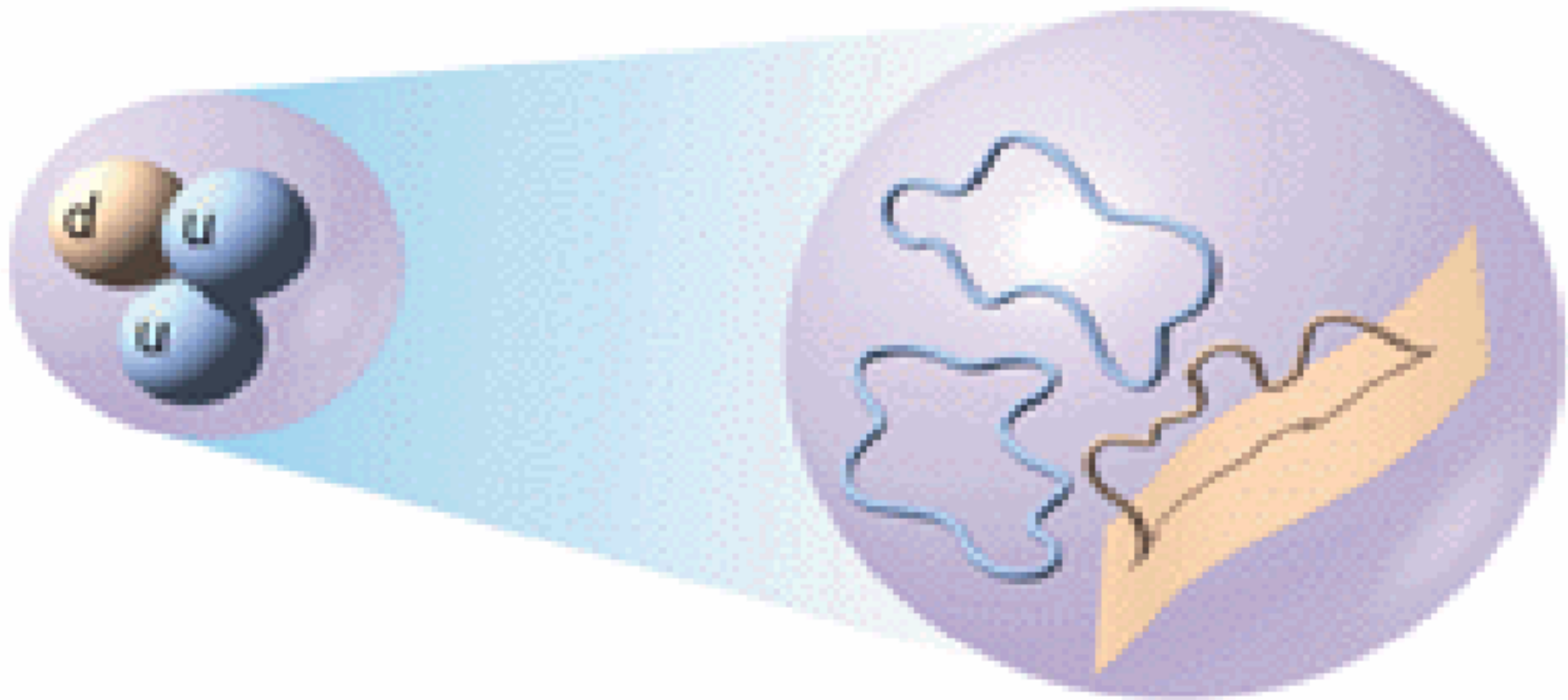
**26 matis
edvėlaikis**

fotonas sukinys 1 $\leftrightarrow$ **fotino** sukinys 1/2

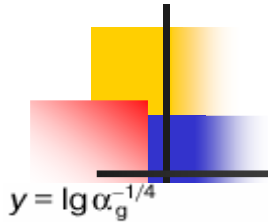
gravitonas sukinys 2 $\leftrightarrow$ **gravitino** sukinys 3/2

7

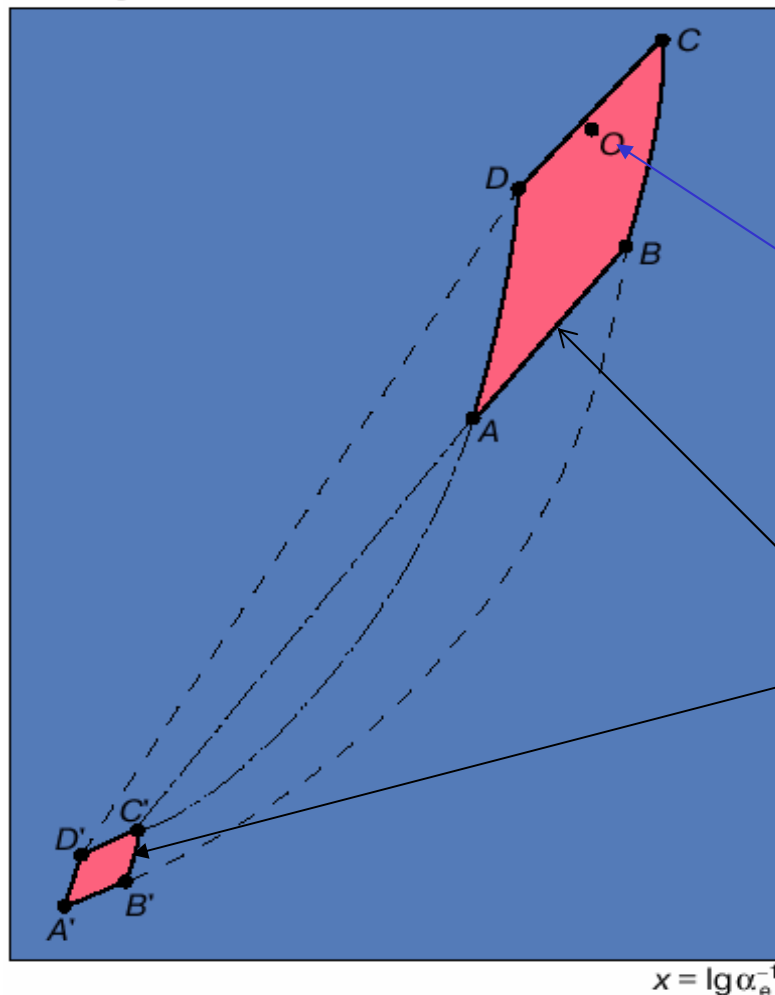
Čia pagrindinė idėja - stygų
membranų teorijos



Antropinis kosmologinis principas B. Karteris



$$y = \lg \alpha_g^{-1/4}$$



“Visata turi tokia, kad tam tikru evoliucijos momentu turi atsirasti stebėtojas, gebantis ją stebėti”

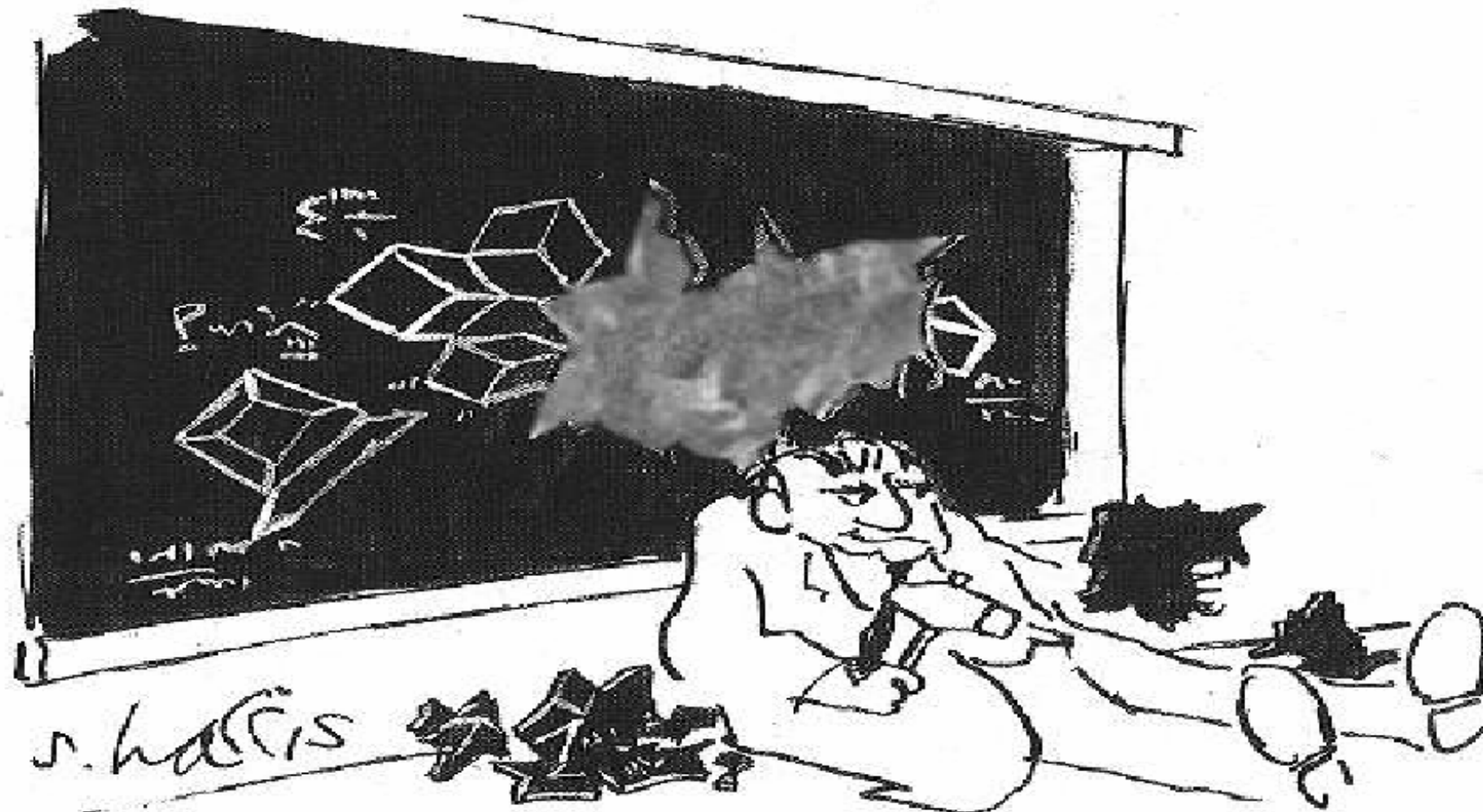
$$\alpha_g = \frac{Gm_p^2}{\hbar c}, \quad \alpha_e = \frac{e^2}{\hbar c} \approx 1/137$$

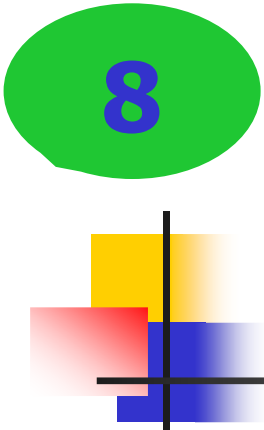
Dvi sritys, kuriose gali egzistuoti sudėtingos sistemos

Čia stebimų konstantų reikšmės

7 11-matės supergravitacijos idėjos šalininkas bando ją pavaizduoti schematiškai

Taip gimsta





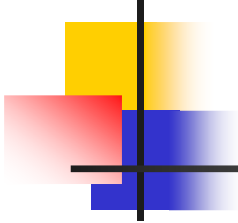
8

Einšteinas, Baltarusija, Lietuva

- **1915** metais Einšteinas priima asistentu Jakovą Grommerį
- **Jakovas Grommeris** gimė 1879 m. Brest Litovske.
- **D. Hilbert** “Jeigu man pavyks šiam jaunuoliui– lietuviui, žydui, neturinčiam gimnazijos atestato, įteikti daktaro diplomą, tai po to galiu pasakyti, kad aš tikrai ką tai padariau...”

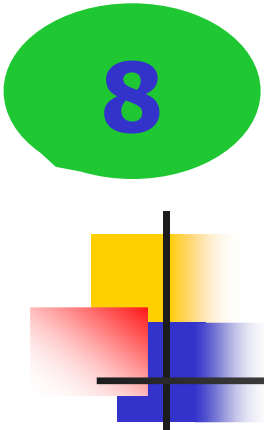
Einšteinas bedrautorystėje su Grommeriu parašo 2 darbus.

- **1927m.** Einšteinas į Minską J. Grommeriui rašo rekomendaciją priimti jį į universitetą – **priimtas profesoriumi.**
- **1931 m.** Einšteinas dienoraštyje užrašo "Šiandien aš nusprendžiau palikti Berlyną..."
- **1932 m.** Einšteinas kreipiasi į oficialius Baltarusijos asmenis, siūlydamasis atvykti į Minską dirbti mokslų akademijoje ir Universitete.



Pasisakymas Planko jubiliejuje

- **“Mokslo šventovėje yra trijų rūšių žmonių.**
- Daugelį į mokslą atveda aukščiausios intelektualinės galios siekimas. Jiems tyrinėjimai yra tarsi sportas, kuris patenkina jų asmenines ambicijas.
- Kita tyrinėtojų rūšis ateina į mokslą pasiekti grynai utilitarinių tikslų.
- Tačiau trečioji.... jei Dievo angelas ateitų ir išsivestų visus pirmųjų dviejų rūšių mokslininkus iš šventovės, liktų tik nedaugelis, įskaitant Planką...”
- (*A. Einšteinas*).



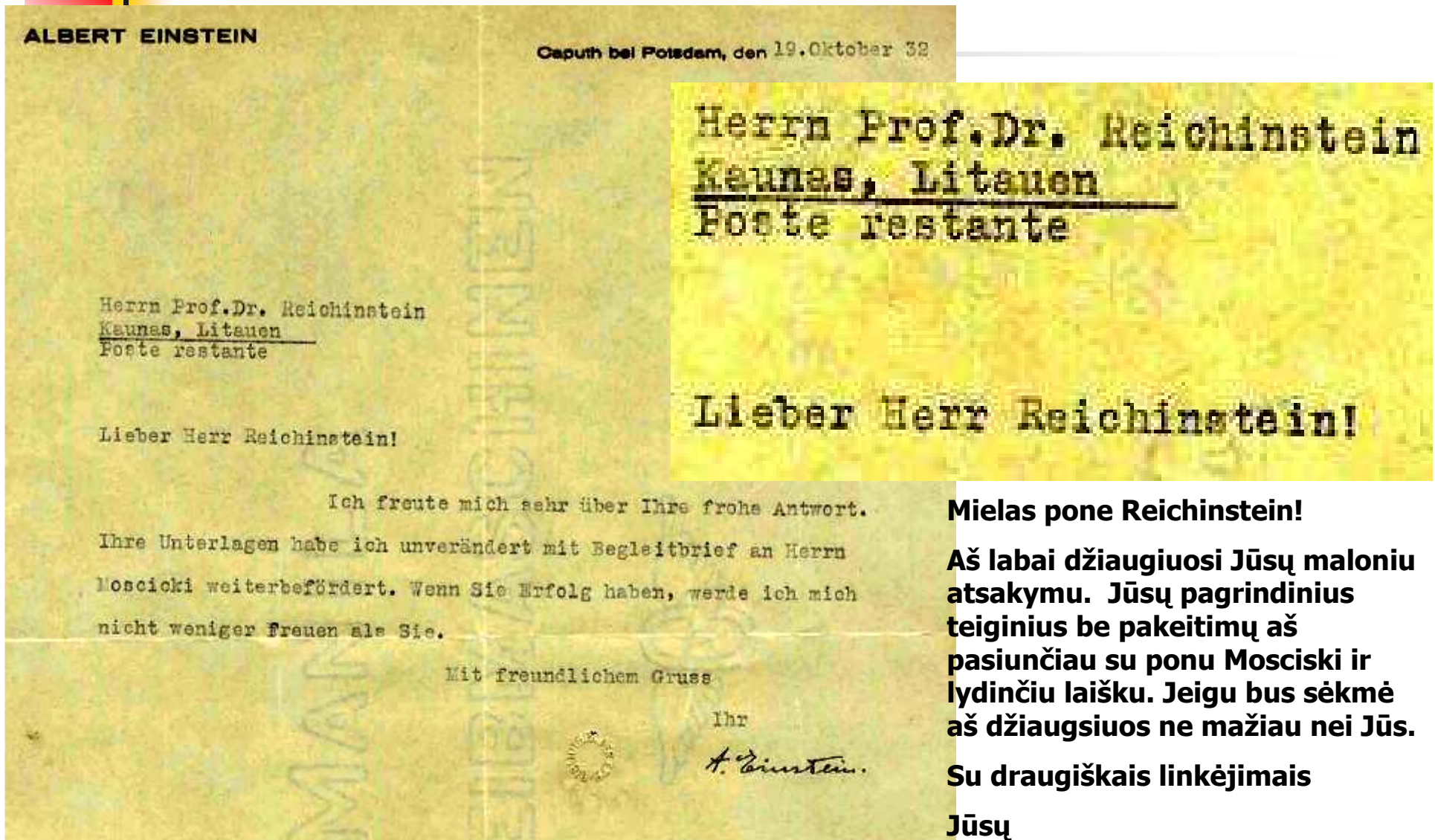
8

...Stalinas atsako : “Пусть этот сионист продолжает играть на скрипке в синагоге у себя дома”.

- Negavęs teigiamo atsakymo **1933 m. Einšteinas** išvyksta į Ameriką, Prinstoną.
- Yra žinių, kad vėliau Baltarusijos MA norėjo **Einšteiną** išrinkti garbės akademiku, tačiau, kaip spėliojama, negavo CK sutikimo.

8

A. Einšteino laiškas Davidui Reichinšteinui, Kaunas, 1932 m.



8

Davidas Reichinšteinas knyga, išleista **1932** m. Kaunas.

Seiner Exzellenz
Herrn Minister K. Šakotis
mit dem Ausdruck völkis-
cher Hochachtung
überreicht
vom Verfasser
30. Nov. 1932.

Albert Einstein

sein Lebensbild und seine Weltanschauung

Von
Professor Dr. David Reichinstein

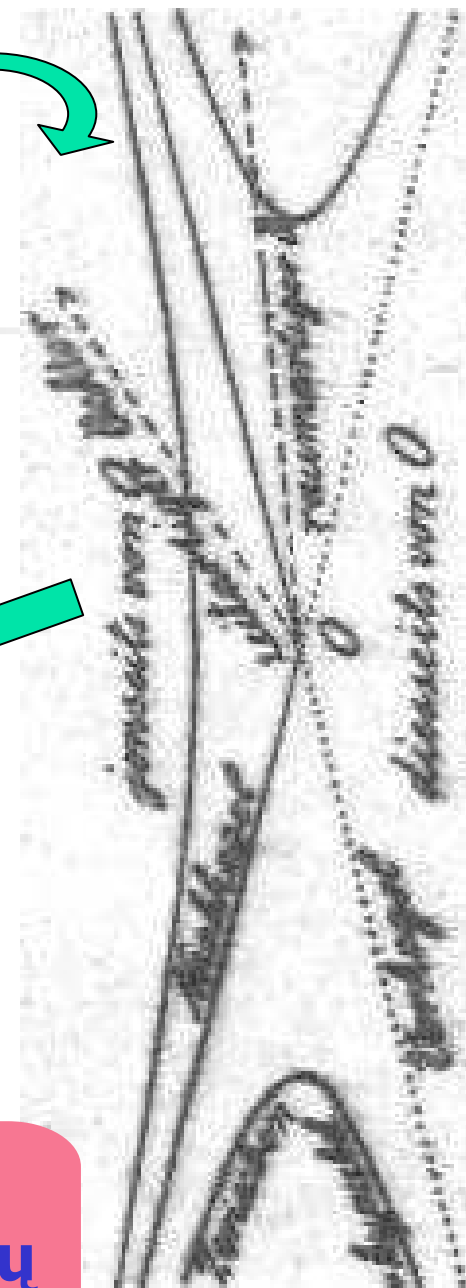
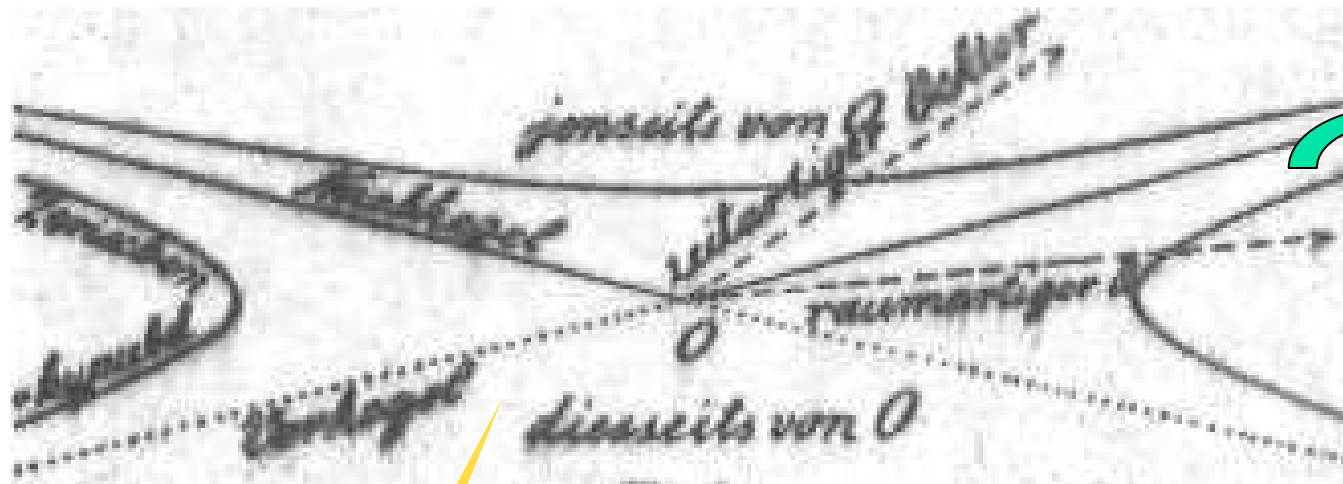
Verlag S. Glatt in Kaunas, Litauen, 1932

Der Vertrieb durch reichsdeutsche Buchhandlungen sowie der Verkauf nach Deutschland an Privatpersonen ist verboten.

Alle Rechte, insbesondere die der Uebersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.

Copyright 1932, by Professor Dr. D. Reichinstein, Berlin-Charlottenburg, Postamt 2, Schliessfach 51, Deutschland.

Druckerei „Spindalys“, Kaunas



**Hermanas
Minkowskis
1909 m**



**Fizikos
2005 metų
brendas**

Kai kas iki šiol neatleidžia Einšteinui už jo pasirašytą Ruzveltui laišką

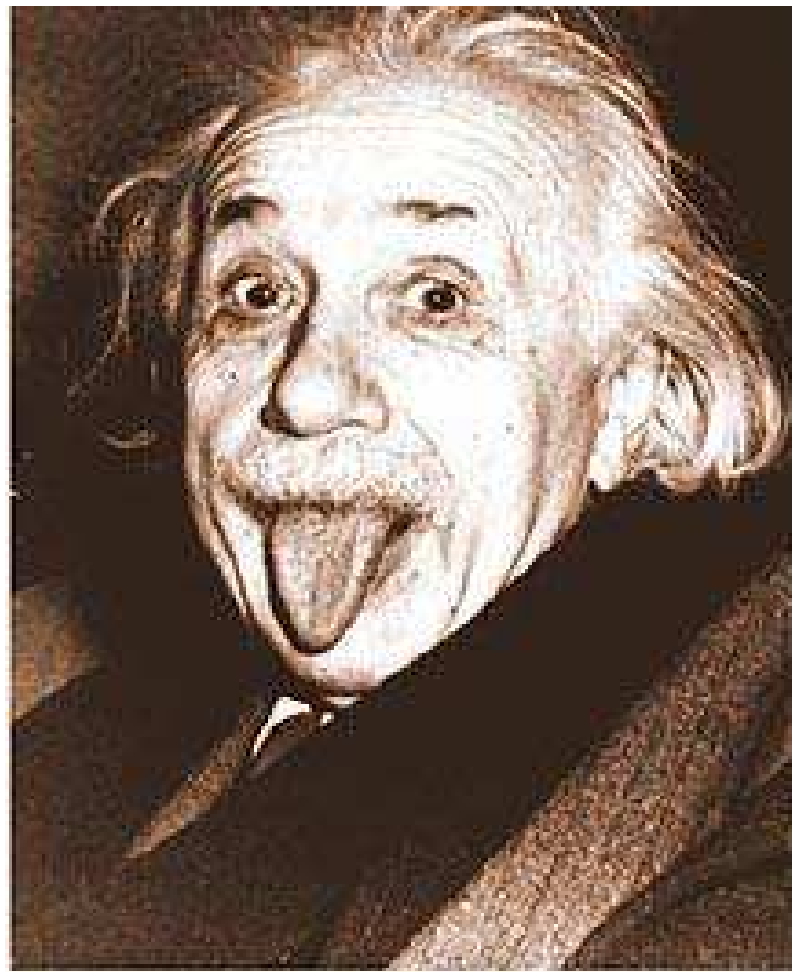


Fizika ir lyrika

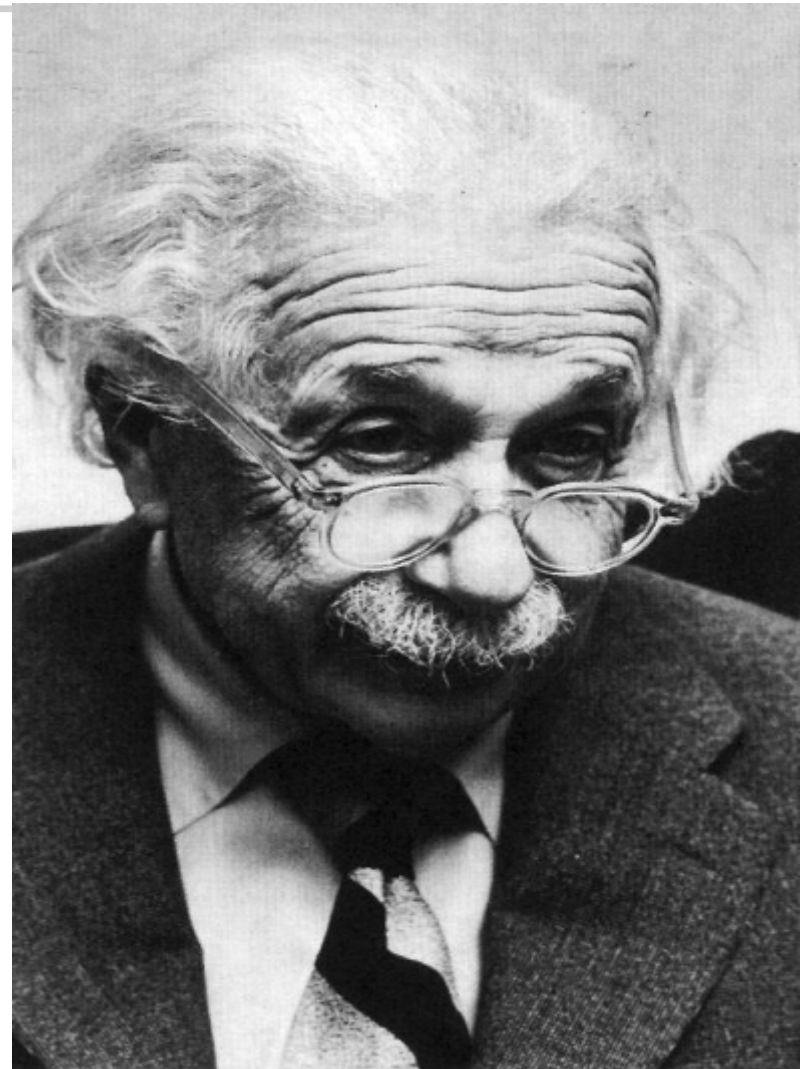
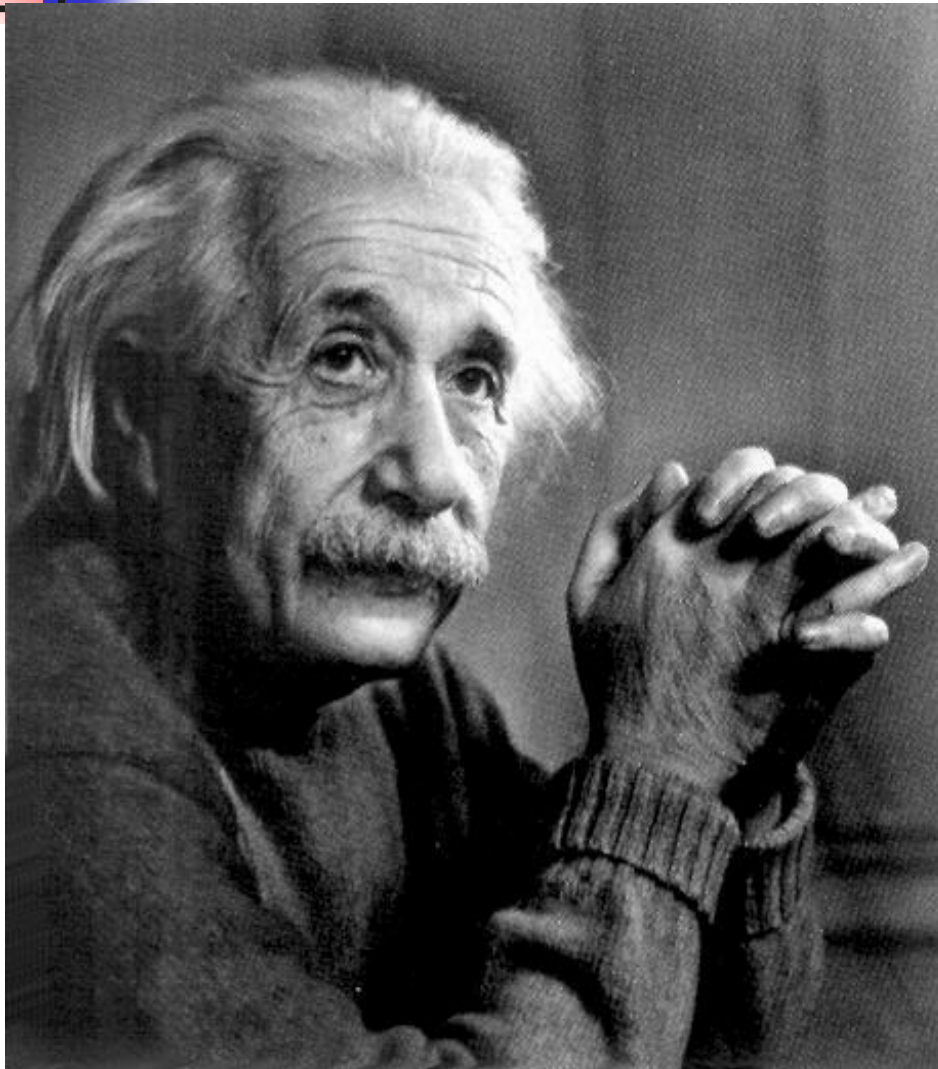
“Vaizduotė aukščiau nei žinios”

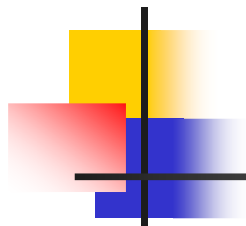


ALBERTAS EIŠTEINAS - DVIDEŠIMTOJO AMŽIAUS FIZIKOS REVOLIUCIJOS BRENDAS



Dar daug ko nepažinau...





■ **Ačīū už dēmesj**