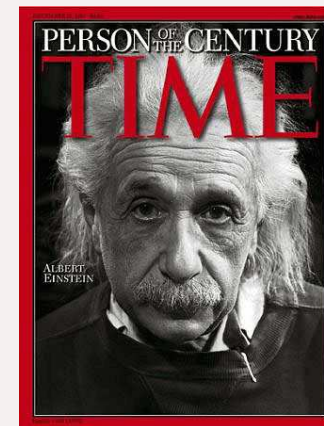
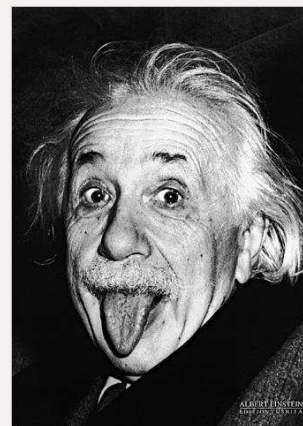
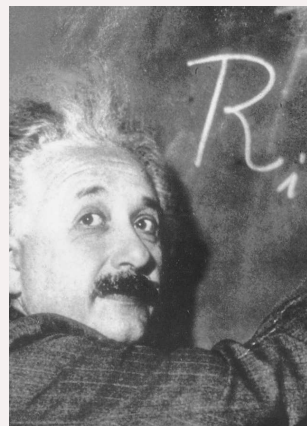
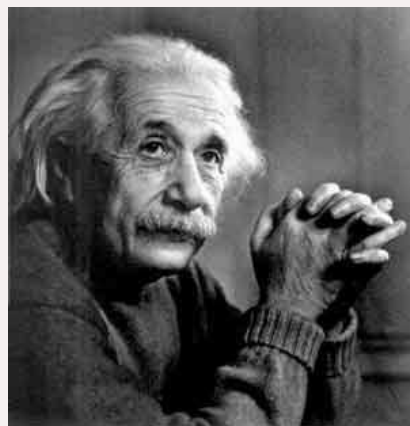


Svetovno leto fizike:
POMEN EINSTEINOVIH ODKRITIJ



$$K = h\nu - W_0$$

$$R_{ik} - \frac{R}{2}g_{ik} = \frac{8\pi G}{c^4}T_{ik}$$

$$E = mc^2$$

ALI
ZGODBA O KONCU FIZIKE

R. Krivec
Institut J. Stefan



Albert Einstein 1879 - 1955

2005: 100 let od čudovitega leta Einsteina

339 let od čudovitega leta Newtona

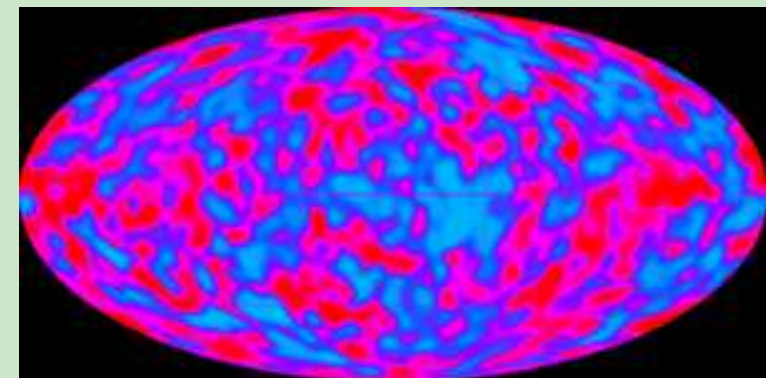


Einsteinova zapuščina

Judovska narodna in univerzitetna knjižnica

Racahov Institut za fiziko

Hebrejska univerza,
Jeruzalem



COBE



NASA, N. Benitez (JHU), T. Broadhurst (Hebrew Univ.), H. Ford (JHU),
M. Clampin (STScI), G. Hartig (STScI), G. Illingworth (UCO/Lick Observatory),
the ACS Science Team and ESA STScI-PRC03-01a

gravitacijske leče

Je osnove relativnosti mogoče razumeti?

Se relativnost manifestira v vsakdanjem življenju?

Imajo Einsteinova odkritja kak neposreden pomen za tehnologijo?



RELATIVNOST V SENCI: MEHANIKA

-350 Aristotel gibanje = sila

1543 Kopernik

1564 rojen Galilei

vztrajnost

enaka hitrost padanja

1642 rojen Newton, umrl Galilei

1676 Römer izmeri hitrost svetlobe

1666 Newton poenotenje zakonov zemeljske in nebesne mehanike

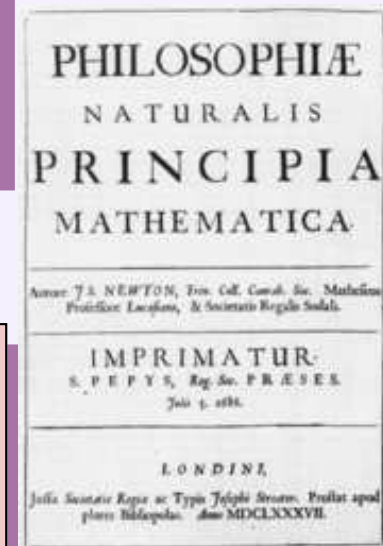
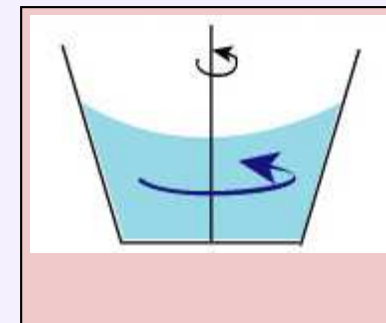
RELATIVNOST (1): obstaja neskončno koordinatnih sistemov, ki se drug glede na drugega gibljejo **enakomerno**, v katerih veljajo enaki zakoni mehanike.

absolutni čas

absolutni prostor

sila na daljavo

zadošča za let na Luno!



ELEKTROMAGNETIZEM


1864 Maxwell

$$\begin{array}{l} \nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \\ \nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \end{array} \quad \Rightarrow \quad \begin{array}{l} \nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \\ c^2 \nabla \times \mathbf{B} = \frac{\mathbf{j}}{\epsilon_0} - \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \end{array}$$

valovanje polj VEDNO s hitrostjo svetlobe c

poenotenje svetlobe in elektromagnetizma ...

kaj pa mehanika ?

nosilec svetlobe = ETHER = absolutni prostor? 

18— Kljub nerazumevanju: industrijska revolucija tudi pri električnih napravah

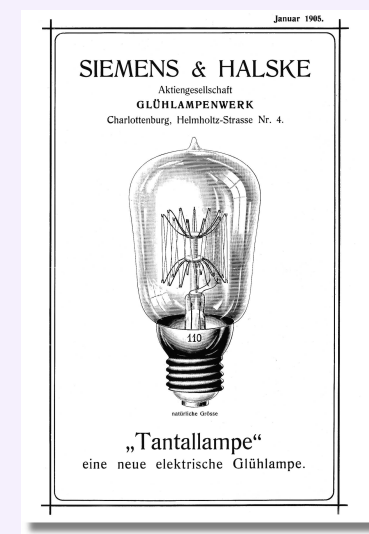
Tesla-Westinghouse 1885: večfazni izmenični tok




Tesla 1900: brezžični prenos energije



Siemens 1905: tantalova žarnica

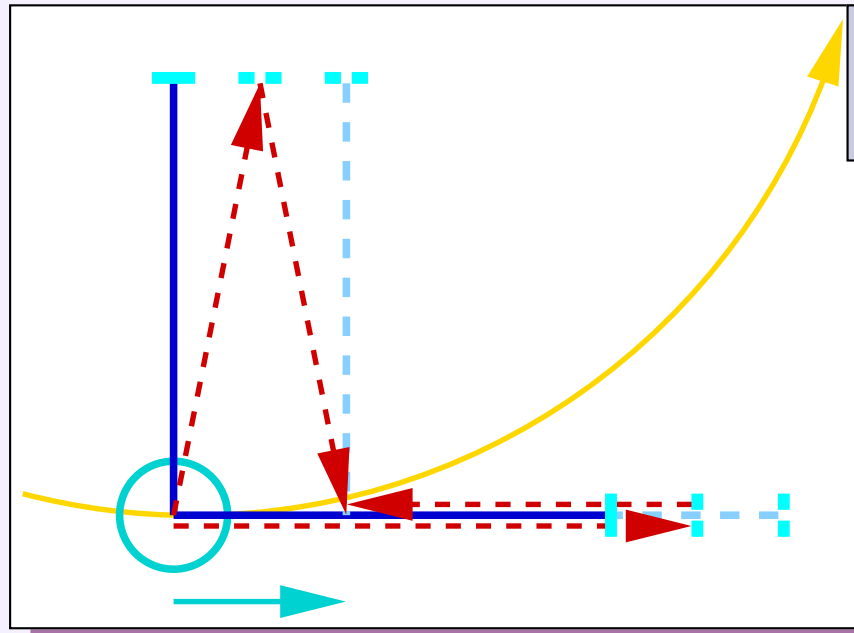



1900 Kelvin: "V fiziki ne bo novih odkritij." – Transatlantski kabel 1855 

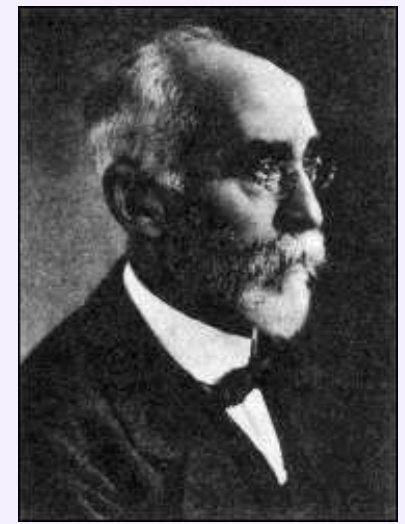
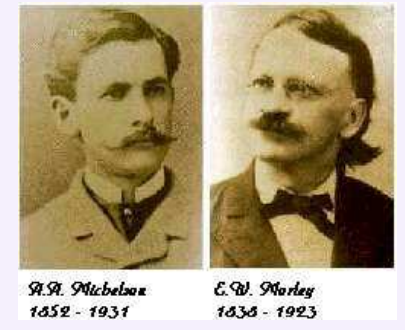
M + EM = ...?


1881
1895
1905

Michelson, Morley ... **EKSPERIMENT!**



enaka časa potovanja žarkov! 



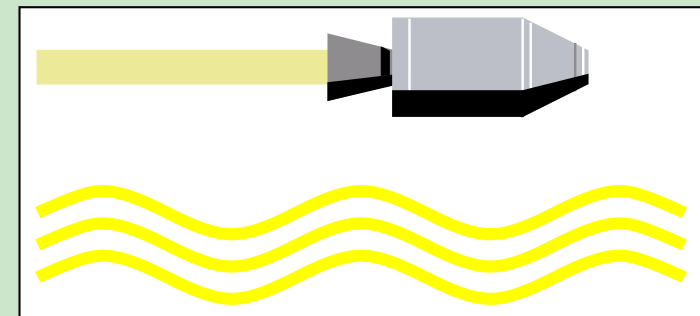
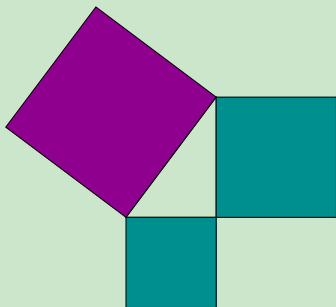
FitzGerald, Lorentz: krčenje SNOVI v smeri gibanja 

Poincaré: Lorentzova transformacija

tragični junaki



1879 rojen Einstein; umrl Maxwell



1902 patentni urad Bern

1903 poroka z Milevo Marić

1905 doktorat (Bern) *Nova določitev velikosti molekul*

O hevrističnem pogledu na nastanek in pretvorbo svetlobe fotoefekt *

O gibanju delcev, suspendiranih v mirujoči tekočini, ... Brownovo gibanje

O elektrodinamiki gibajočih se teles specialna teorija relativnosti

Ali je vztrajnost telesa odvisna od njegove energije? $E = mc^2$

1909 izredni profesor, Zürich

1915 *O splošni teoriji relativnosti*

Razlaga gibanja perihelija Merkurja ...

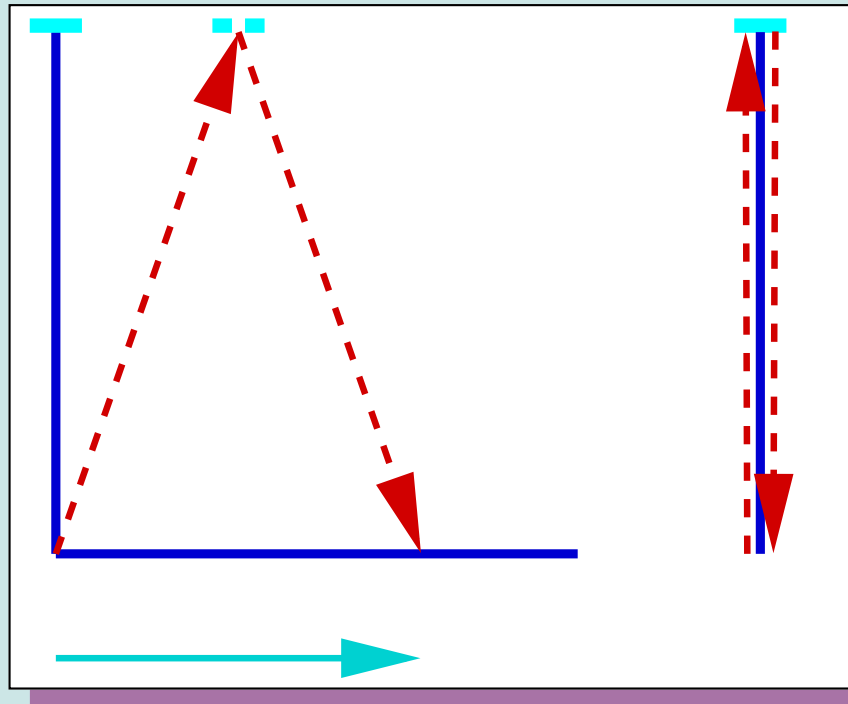
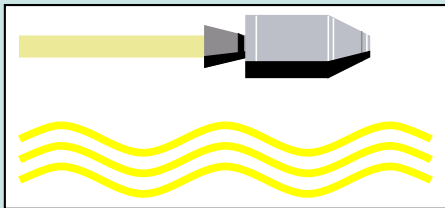
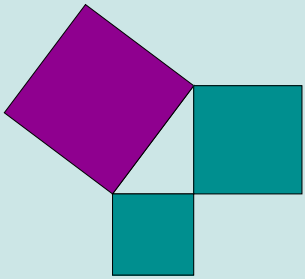
Enačbe teorije polja za gravitacijo

1919 Eddington izmeri napoved uklona svetlobe zaradi Sonca

1921 Nobelova nagrada *

2. DEJANJE: POENOTENJE

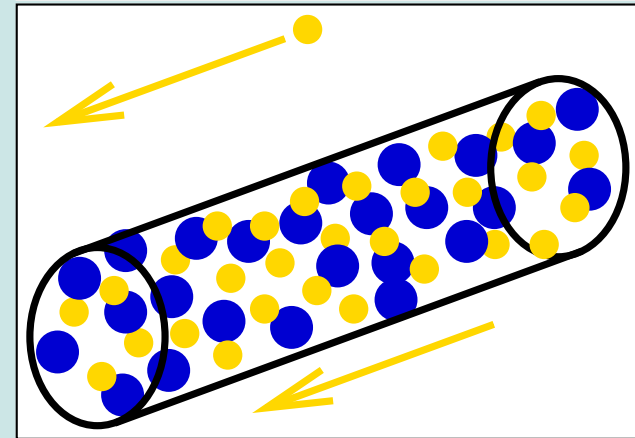
SPECIALNA TEORIJA RELATIVNOSTI



PROSTOR se skrajša

gibajoče se ure zaostajajo

magnetno ali električno polje?



RELATIVNOST (2): obstaja neskončno koordinatnih sistemov, ki se drug glede na drugega gibljejo **enakomerno**, v katerih veljajo enaki zakoni **mehanike in elektromagnetizma**.

Hitrost svetlobe je v vseh **takih koordinatnih sistemih **enaka**.**

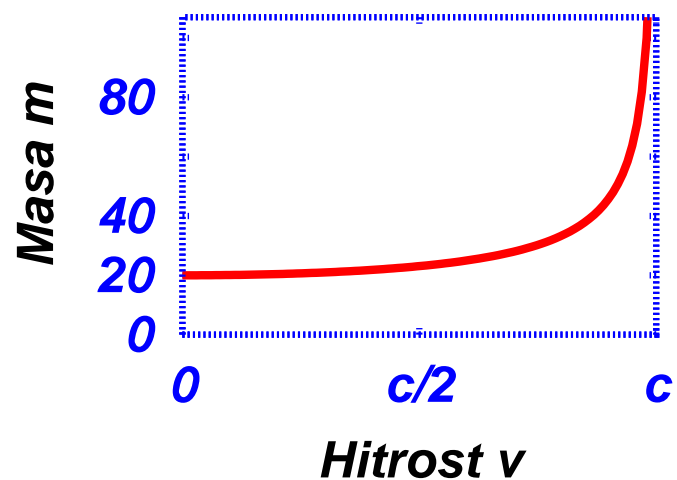


Indukcija: dva pojava ali eden?

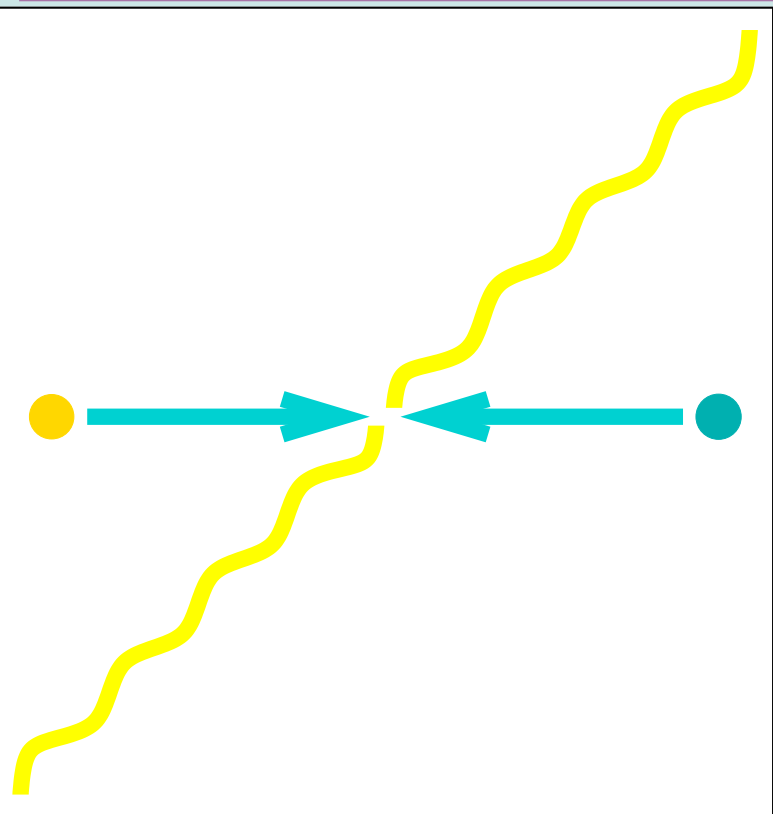


Kako spraviti lestev skozi ozka vrata?

POSLEDICE ...



masa narašča, ne moremo preseči hitrosti svetlobe



anihilacija materije in antimaterije

2 fotona z energijo $E = mc^2$

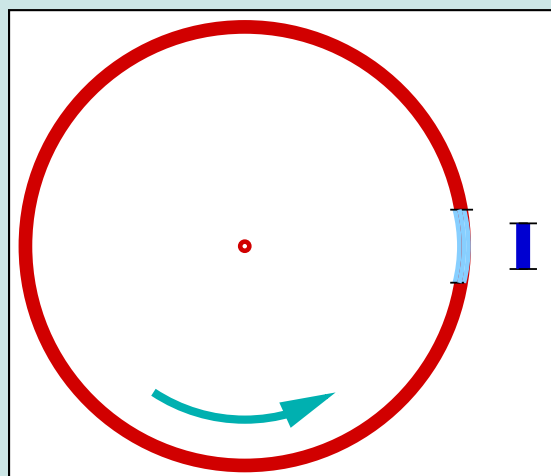
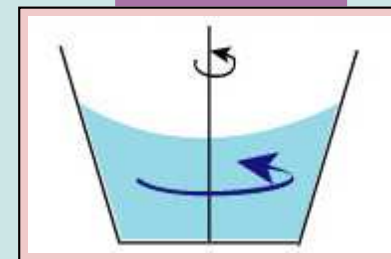
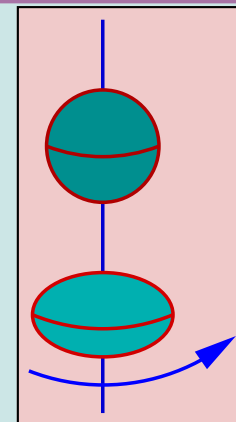
... GRAVITACIJA IZGINE!

1893 Mach **inercija posledica drugih mas**

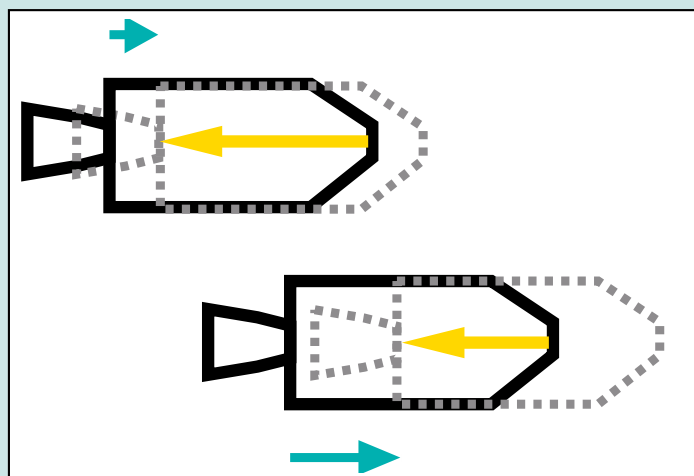
nemogoča pojava v praznem vesolju

1907 Einstein **PRINCIP EKVIVALENCE**

pospešek = gravitacija



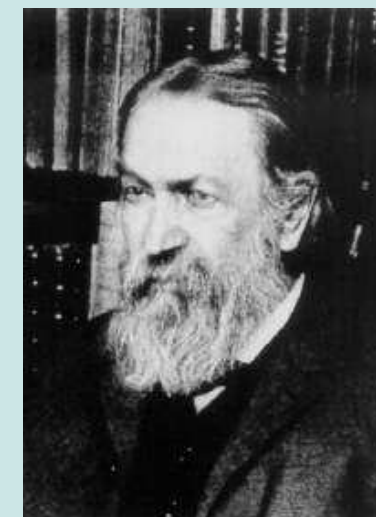
ukrivljenost prostora



različen tek ur

1915 Einstein **SPLOŠNA TEORIJA RELATIVNOSTI**

RELATIVNOST (3): ZAKONI FIZIKE SO ENAKI V VSEH KOORDINATNIH SISTEMIH.



POSLEDICE ...

Newtonovo jabolko: ukrivljeno, od blizu ravno →

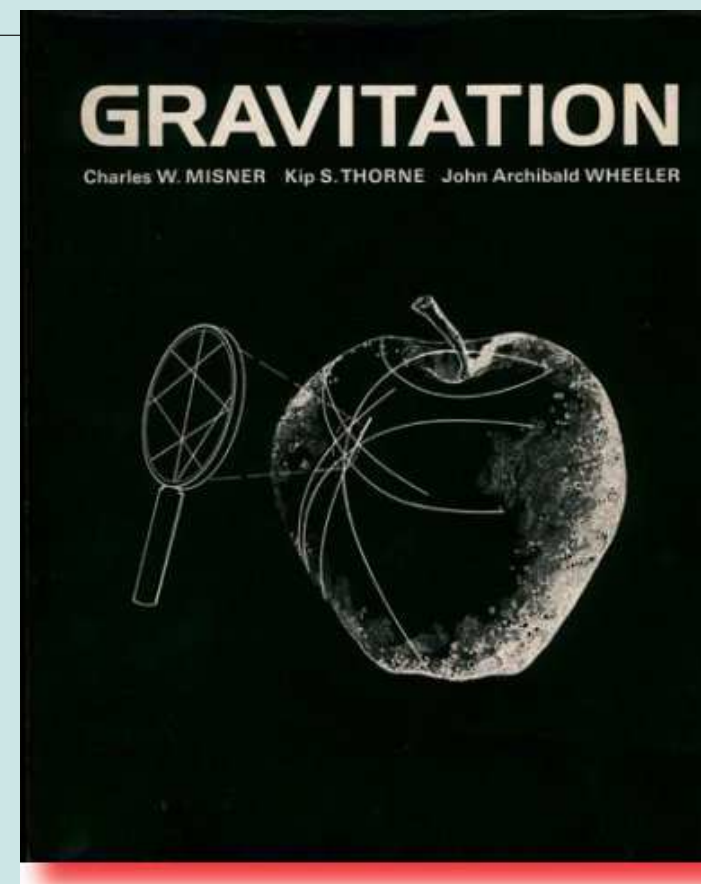


1783 Mitchell črne luknje


presežni polmer Zemlje: 1.5 mm

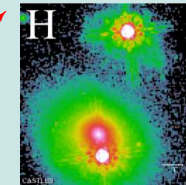
presežni polmer Sonca: 1.5 km

1977 satelitske ure: napaka $\approx 30 \mu\text{s}$ na dan



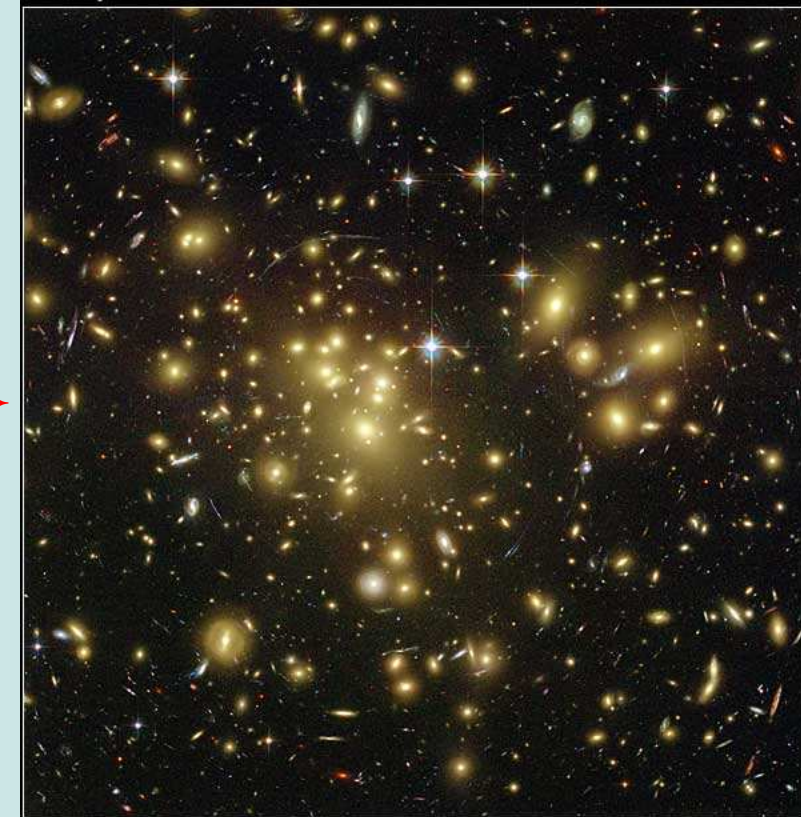
POTRDITVE ...

- 1915 razlaga spreminjanja orbite Merkurja
- 1917 E. spremeni lastne kozmološke enačbe 
- 1919 ukrivljenost poti svetlobe (Eddington)
- 1922 Friedmann: širjenje vesolja
popravi E. "največjo napako"
- 1929 Hubble izmeri širjenje vesolja
- 1959 rdeči premik (Pound, Rebka)
- 1977 GPS satelitske ure: 1%
- 1979 prvi primer gravitacijske leče
- 1997 Cassini-Huygens Zemlja - Saturn
- 2002 Hubblov teleskop: g. leča



Galaxy Cluster Abell 1689

HST • ACS

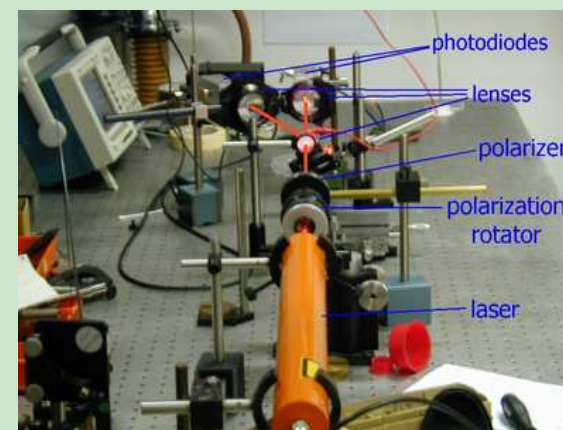


NASA, N. Benitez (JHU), T. Broadhurst (Hebrew Univ.), H. Ford (JHU),
M. Clampin (STScI), G. Hartig (STScI), G. Illingworth (UCO/Lick Observatory),
the ACS Science Team and ESA
STScI-PRC03-01a

MIMOGREDE ...

- 1827 **Brownovo** gibanje
 1905 **Einstein** razlaga B. g., masa, velikost molekul
 1911 **Perrin**

- 1905 kvanti - fotoefekt
 1916 stimulirano sevanje - laser



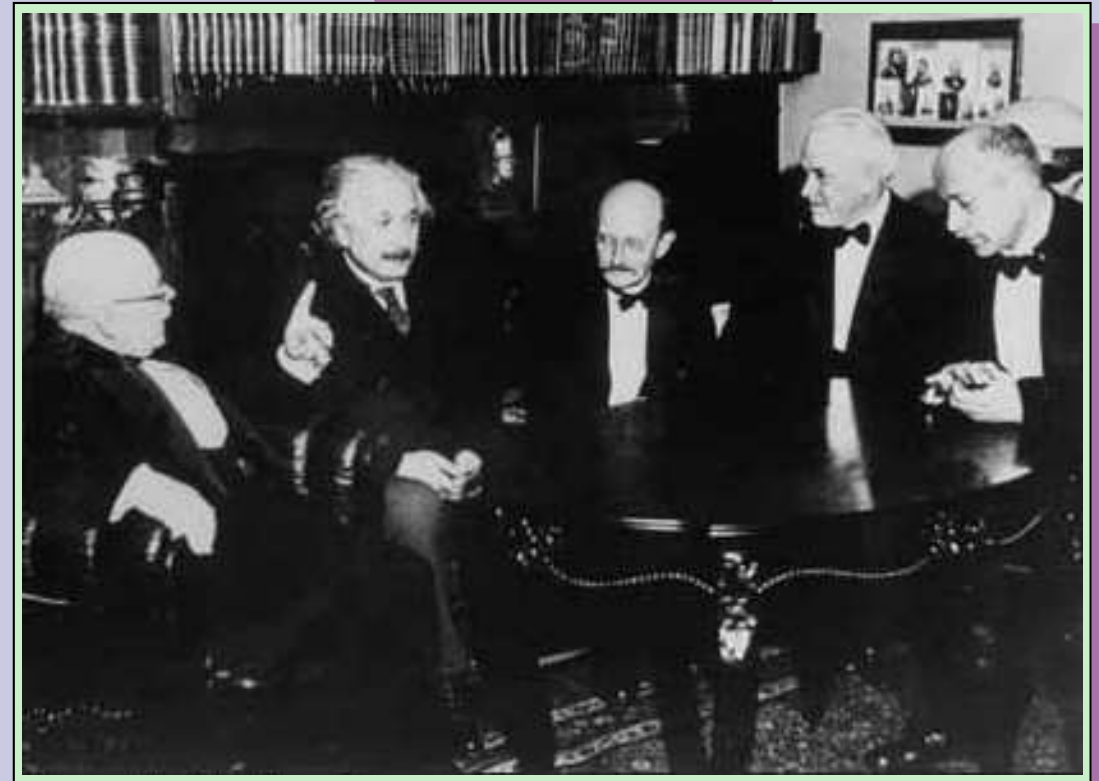
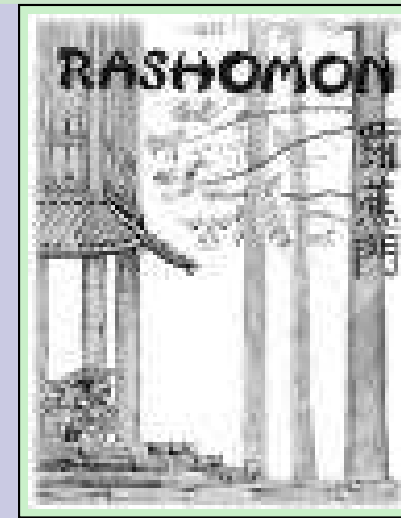
(IJS)

POMEN EINSTEINOVIH ODKRITIJ

TEORIJA	ZNANOST	APLIKACIJE
Brownovo gibanje	molekularna zgradba snovi	difuzija
svetlobni kvanti	fotoefekt	
stimulirano sevanje svetlobe	laser	
specialna teorija relativnosti	poenotenje elektromagnetizma in mehanike	GPS ($c =$ konstanta)
splošna teorija relativnosti	gravitacija = ukrivljenost prostora črne luknje, kozmologija	

"Relativnost nas uči povezav med različnimi opisi ene in iste realnosti."

"To so reči, o katerih so drugi razmišljali kot otroci. Ker pa je bil moj intelektualni razvoj upočasnen, sem o prostoru in času razmišljal šele, ko sem odrasel."



Koliko aplikativnih fizikov je na sliki?



“I will a little tink ...”