

Mikropasaulis

Informacija pasaulio spaudoje ar tinklapiuose:

- Kada išnyks paskutinis atomas Visatoje?
- CERN'e pagaminta antimedžiaga. (*Antivandenilio atomai.*) Juos ypač išgarsino D.Braun knygoje ir filme "Angelai ir demonai"
- Neutrinai skrieja greičiau už šviesą.
- Atrastas Higgs'o bozonas
- Ar egzistuoja iš kvarkų sudarytos molekulės?

Šiai informacijai **suprasti** bei įvertint jos svarbą reikia bent šiek tiek žinių apie mikropasaulį

Įvadinėje paskaitoje analizavau “kvailo” paklausimo „Kodėl kūnai turi masę, ir vieni didesnę, kiti mažesnę?“ kelią, kuris lyg ir išsisprendė pernai, 2013 m. suteikiant Nobelio premiją.

Francois **Englert** ir Peter **Higgs** 2013 m. Nobelio premijos laureatai už teoriją, kuri atsako į šį klausimą.



Jei kalbėti rimtai, tai šis klausimas kilo nustačius, kad egzistuoja dalelės, kurių savybės giminingos, o masės labai skirtinges.

Gal būtų įdomu šuoliais pralėkti tą žmonijos kelią, kurį teko nueiti, kad atsakyti į šį ir kitus klausimus?

	photon		
Mass	0	0	0
W^+	Z^0	W^-	
+1	0	-1	
Mass	80.419	91.188	80.419

Teko pradėti spręsti kelis uždavinius:

1. Kokias savybes turi medžiagos ir kodėl jos skirtinos?
2. Kaip tos medžiagos sąveikauja viena su kita? Kokios jėgos tai užtikrina?

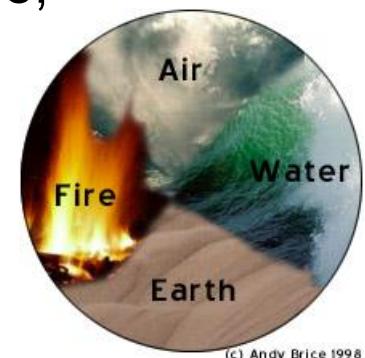
Nuo seniausių laikų pasaulio pažinimo problema buvo aktuali, tik skirtinti pasaulio kraštai turėjo skirtinges požiūrius:

- Kinai (*žymaus sinologo J. Needham'o teigimu*) į pasaulį žvelgė kaip į organinę visumą ir neieškojo jo sudėtinių dalių, kas netrukdė jiems sukurti naujas medžiagas ar technologijas:
 - Ketų, popierių, plūgą, spausdinimą, svorinį laikrodžio mechanizmą ...
- Indai (*Jain kryptis*) jau nuo senų laikų, bent nuo VI a. BC teigė, kad viską sudaro kelių rūšių atomai ir siela
 - Jie pripažino, kad atomai juda tiesėmis, tačiau gali keisti kryptį sąveikaudami su kitais atomais, o jie gali būti teigiami, neigiami ar visiškai neutralūs.
 - Bet šie labai pažangūs teiginiai slėpėsi religijos modelyje iš neišsiplėtojo į savarankišką mokslinę kryptę, o šios mokyklos tėsėjai savo moksle suartėjo su Europoje plėtojamomis filosofinėmis mokyklomis.
 - **Vaišešika** mokykla (pradedant II a. BC) vystė Europoje sukurtą 4-rių elementų teoriją, ir aiškino, kad iš atomų susidaro sudetingesni objektai. (Medžiagą sudaro atomų duetai, triados, numatė, kad egzistuoja atomai - katalizatoriai).

Judėjai - Makabėjaus biblija (II a. BC) II t. 7 sk. 28 eilutė „God did not make them out of existing things“, verčiamą: “sukūrė iš nieko”. Tieki Visatai, tiek ir atomus.

Empedoklis (V a.BC)

- sukūrė 4 elementų sistemą: oras, ugnis, vanduo ir žemė, kuriuos judina meilės ir neapykantos jėgos;
 - Ugnies poveikyje ledas (žemė) tirpsta (vanduo), virsta garais (oras)

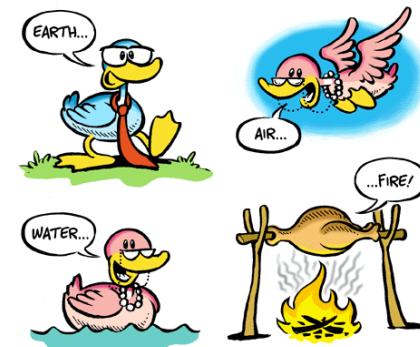


Demokritas (V-IV a. BC)

išplėtojo Leukipo atomų mokslą – nedalomi įvairūs atomai;

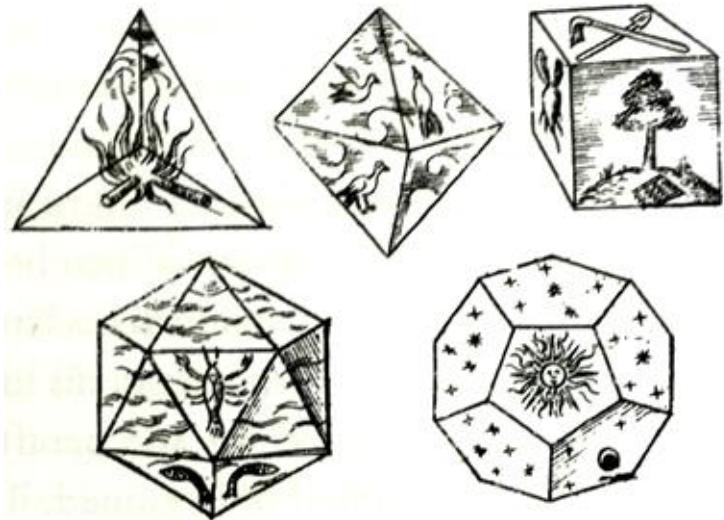
Aristotelis (IV a. BC)

Atmeta Demokrito atomus ir plėtoja keturių elementų modelį, ir jiems priskiria subjektyvių savybių apraiškas



Simetrijos svarba !!!

- **Pitagoras** (VI a. BC pabaiga-V a.BC pradžia)
- **Platonas** (V a. BC pabaiga-IV a.BC vidurys)
 - Vertino simetriją ir geometrinę tvarką.
 - Atrado, kad yra penkios tvarkingos struktūros:



Simetrija susiejama su elementais:

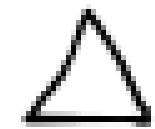
tetraedras	- ugnis,
oktaedras	- oras,
ikosaedras	- vanduo,
kubas	- žemė,

o kadangi yra ir dodekaedras, tai tenka pridėti su juo susietą ir penktą elementą – kvintesescią;

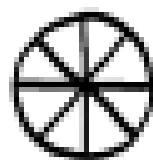
Elementai gali kisti: pvz., du teraedrai gali sudaryti oktaedrą, ir t.t. t.y., elementai jie gali transformuotis iš vienų į kitus, kas buvo alchemijos teorinis pagrindimas;

Papildymas: Kvintesencija , (Platonas, panašiai Akasa) arba Dvasia arba Sąmonė/savimonė

“Pirmoji” elementų sistema



	Ugnis	Pirmas elementas: skatina kūrybingumą ir ikvėpimą.
	Vanduo	Antras elementas: skatina kitimą, įvairovę, intuiciją ir fantaziją
	Oras	Trečias elementas: skatina supratimą, bendravimą, skirtiingumus.
	Žemė	Ketvirtas elementas: skatina vientisumą, praktiškumą.
	Dvasia	Ne visada naudojamas elementas: skatina kitų elementų tiek jungimąsi, tiek ir atsiskyrimą.





Alchemical Symbols



antimony



arsenic



bismuth



copper



gold



iron



lead



tin



magnesium



mercury



phosphorus



platinum



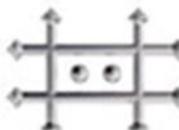
potassium



silver



sulfur



zinc

Pažymėtina, kad simboliai buvo sukuriami nuslėpti nuo konkurentų savo atradimus: kiekviena alchemikų mokykla kūrė savo sistemas. Auksą sukurti kiekvienas norėjo sau, o ne kitiems.

Alchemija plėtojosi visame pasaulyje, o šiuolaikinio mokslo ištakos Europoje:

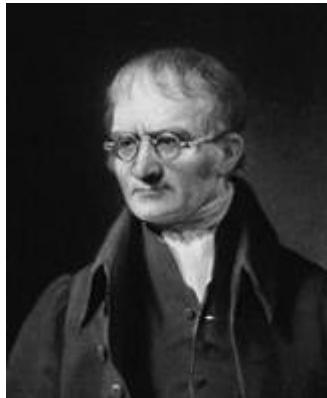
Po „tamsiųjų amžių“ Europoje gamtos mokslų ir matematikos pažanga plėtojama Europoje (graikų turėtos žinios gržta verčiant arabų knygas į Europos kalbas)

- Fizika – Galilėjus, Niutonas (1642-1726)
- Matematika – Dekartas (1596-1650), Niutonas (diferencinis skaičiavimas)
- Chemija – Lavuazje (1743-1794) ir Daltonas (1766-1844)

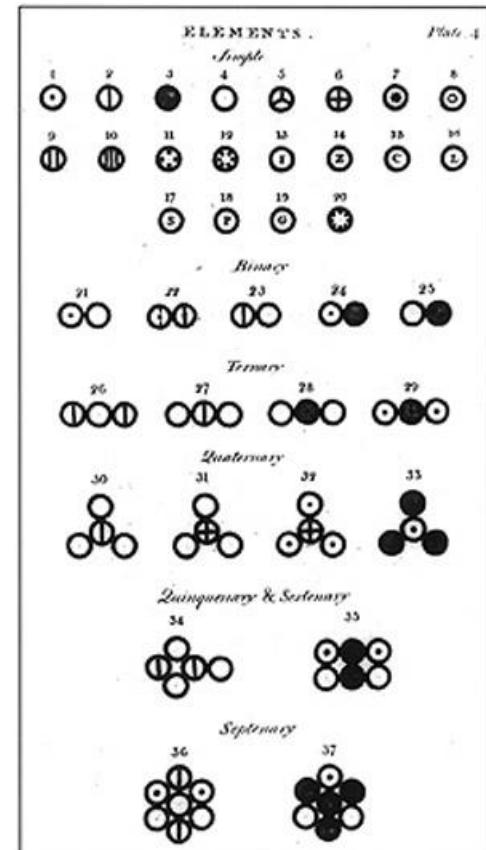
Link dabarties: chemijos tévo vardą dalinasi du mokslininkai:

A.Lavuazje - suformulavo masés tvermés dësnj, išskyré ir pavadino deguonj, pateiké abejones flogistono (šiluminio skysčio) teorijai.

Prancūzijos revoliucijos metu dël dalyvavimo mokesčių rinkime buvo suimtas, nuteistas ir nukirsdintas. Teiséjas pasaké, kad „respublikai nereikia nei mokslininkų, nei chemikų“.



Tik 1800 metais anglų chemikas J.Daltonas, eksperimentuodamas su cheminémis medžiagomis, atgaivino senają idéja, kad egzistuoja elementarios dalelės – atomai.



Nuo alchemijos iki chemijos

* Lanthanide Series

58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

+ Actinide Series

Kodėl elementai yra tokie ir taip išsidėstę?

Link dabarties: Gal labiausiai nejvertintas mokslininkas!

Šio spartaus mokslo vystymosi laikotarpyje labai ženkliai išsiskyrė mokslininkas kilęs iš Gedučių (Šiaurinė Lietuva).

- Tai Teodoras Grotusas, kuris dirbdamas Paryžiuje ir Romoje (1806 m.) **sukūrė elektrolizės ir vandens elektrinio laidumo teoriją**:
- įvedė jonų savoką;
- paskelbė, kad tirpale iš metalo ištraukiamas neigiamas krūvis (t.y., paskelbė, kad yra krūvio nešėjas, dabar vadinamas elektronu);
- vandens elektrinio laidumo teorijoje matyti kvantinės fizikos apraiškos (ženkliai pralenkusios laiką).
- (Todėl dabar pasaulio mokslo istorikai gilinasi į jo darbus)



Theodor von Grotthuss

Be to, jau grįžęs į Gedučius, jis atrado šviesos poveikį cheminėms reakcijoms, suformulavo dėsnį: „Tik sugerta šviesa daro poveikį“ dabar vadinamą Grotuso-Draperio vardu, ir kurį necituodamas abiejų, savo vardu formulavo A. Eišteinas.

Teororas Grotusas yra tituluojamas „fotochemijos tėvu“.

Kiti svarbūs pastebėjimai mikropasaulio pažinimui:(I)

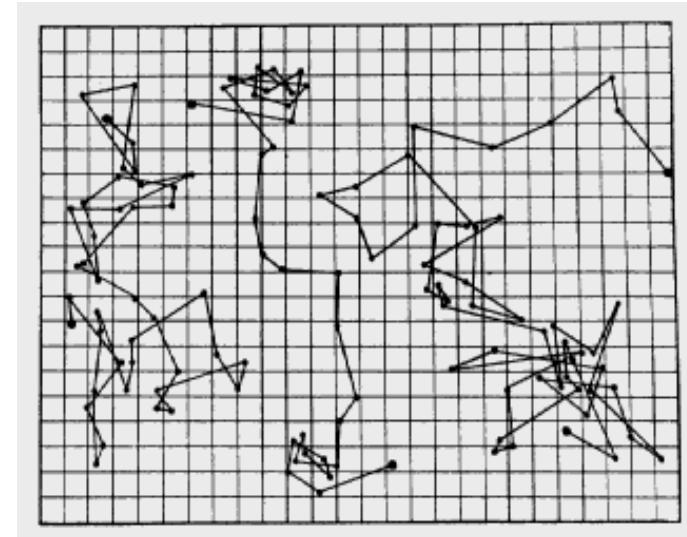
- VI a. BC Thales iš Miletos (senovės Graikija) aprašo, kad magnetitas, atrastas Magnezijoje, netoli Anatolijos, traukia geležinius daiktus, nors manoma, kad gerokai anksciau tai ne tik pastebėjo, bet ir panaudojo piramidžių statybai, Olmekai (Meksika, Gvatemala), o patrintas gintaras traukia smulkias daleles. Iš to kilo bendrinis vardas „elektra“ (gintaras - ηλεκτρού).
- Tarp kitko: gintaro poreikio kitimas:
 - I. Graikai - degino - suteikia šventykloms kvapnumą;
 - II. Romėnai – kūrė papuošalus (legionas lydėdavo pirklius iki Baltijos jūros);
 - III. Olandai, anglai – atrado, kad gintaras geriausias izoliatorius elektrostatiniams prietaisams, kuriuos eksportuodavo į kitas šalis (XVIII-XIX amžius)
- B.Franklin'as 1752 m. įrodė, kad žaibas yra elektrinės prigimties, ir yra teigiamą ir neigiamą elektrą.
- Luidži Galvani (Italija) 1791 m. atrado bioelektrą: pastebėjo, kad varlės koja trūkčioja paveikiant elektrą.
- A.Volta 1800 m. sukuria statinės elektros šaltinį (Cu ir Zn plokštelių paketą).
- Ch.Erstedas 1819 m. atsitiktinai pastebi elektros srovės magnetines savybes.
- Elektros motoras sukuriamas 1821 m. (M.Faradėjus).
- 1861 m. Dž. Maksvelas sukuria elektros ir magnetizmo teoriją.

Gamta pastabiešiemis užmina mīsles (II)

Jan Ingenhousz pastebējo 1785 metais,
kad anglies dulkių dalelytēs pačios
juda alkoholio paviršiuje.

Tačiau šis efekts žinomas Brauno
judesių vardu:

1827 m. botanikas Robert Brown
stebēdamas mikroskopu žiedadulkes
plaukiojančias vandens lašo paviršiuje
pastebējo jų nereguliaru judėjimą.



**Pakartojės eksperimentą su dulkēmis padarē išvadą, kad šie judesiai
nėra susieti su žiedadulkių gyvybe.**

Kodėl tai vyksta, nei R.Braunas, nei jo bendraamžiai nesuprato.

Esminiai pokyčiai medžiagų moksle prasidėjo XIX a. pabaigoje ir XX a. pradžioje.

Galima pradėti ir nuo Brauno jadesių paaiškinimo:

Šiuos jadesius su atsitiktiniais atomų/molekulių jadesiais 1895 m. susiejo prancūzas Žanas Perrin'as, surasdamas (apskaičiuodamas) Avogadro skaičių.

Tikimybinę Brauno jadesių teoriją sukūrė 1905 m. **A.Einšteinas** savo pirmajame moksliniame darbe: jadesius salygoja skysčio molekulių smūgiai. Jei iš vienos pusės stukteli daugiau molekulių negu iš kitos, tai žiedadulkė (dulkelė) "šokteli" į kitą vietą.

Tai buvo **PIRMASIS** akivaizdus pademonstravimas, kad atomai ir molekulės nėra tik teoriniai modeliai, o iš tikrujų egzistuoja.

Ir galutinis flogistono teorijos atsisakymas, tačiau tai nebuvo skausminga: užteko flogistono skystį pakeisti atomų ir molekulių kinetine energija.

Šis supratimas, kad cheminių reakcijų metu energija gali išsiskirti ar ji yra sugeriamą, faktiškai ir padėjo pagrindą **cheminei technologijai**.

Tai, kad skysčiuose molekulės skyla į jonus, kurie juda veikiami elektrinio lauko, tapo pagrindu:

elektrochemijai (dangos, medžiagų valymas, fizioterapija),
energijos kaupimui: buvo sukurti akumulatoriai.

Svarbieji žingsniai ir atradimai (XIX a. pabaiga):

1. Kaitinant metalinius elektrodus (ar juos apšviečiant UV šviesa) įlydytus į stiklinę kolbą, iš kurios ištrauktas oras, nustatyta, kad vakuumas tampa elektrai laidus!:

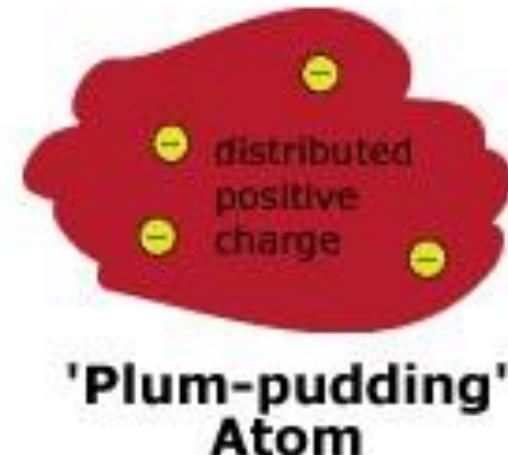
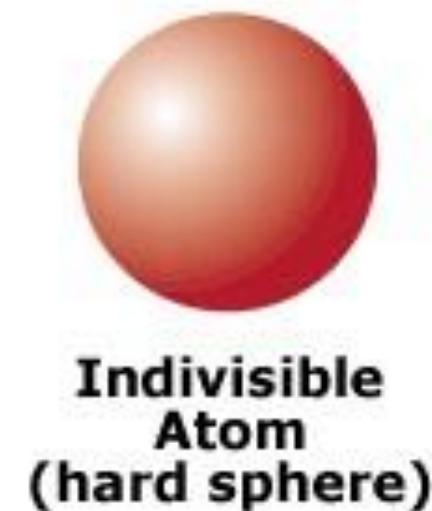
Atrandamas **ELEKTRONAS**, t.y. **Atomas yra suardomas!**

Naujas atomo modelis

(J.J.Tomsonas, 1897 m.)



Joseph John Thomson
(1856-1940)



Svarbieji žingsniai ir atradimai (XIX a. pabaiga):

Tiriant elektronų spindulio vakume poveikį į medžiagą, o taip pat ir šviesos sukeltą medžiagos švytėjimą (luminescenciją) aptinkamos nežinomos spinduliuotės:

Rentgeno spinduliai, radioaktyvumas

Svarbieji žingsniai ir atradimai (XIX a. pabaiga):

2a. Kas ką spinduliuoja?

Tiriant elektronų srovę vakuumė

V.K.Rentgenas atranda (1895 m.) naujus spindulius, kurie yra labai skvarbūs: sklinda per stiklą, žmogaus audinius.

Jis juos pavadina X-spinduliais.

Jie iškart randa pritaikymą medicinoje, o įsteigus Nobelio premiją, už šių spinduliu atradimą jis gauna pirmąją premiją fizikos srityje.



Svarbieji žingsniai ir atradimai (XIX a. pabaiga):

2b. Kas ką spinduliuoja?

Tiriant medžiagų švytėjimą veikiant ultravioletinei šviesai (liuminescenciją), (1896 m.)

A.A. Bekerelis atsitiktinai atranda medžiagą (uraną) skleidžiančią spindulius išlekiančius iš atomo, matyt jam skylant.



I darbus jungiasi Pjeras ir Marija Kiuri, kurie atranda ir kitus elementus turinčius šią savybę: Po, Ra.



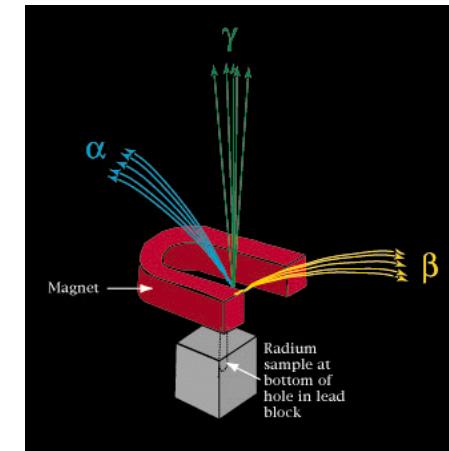
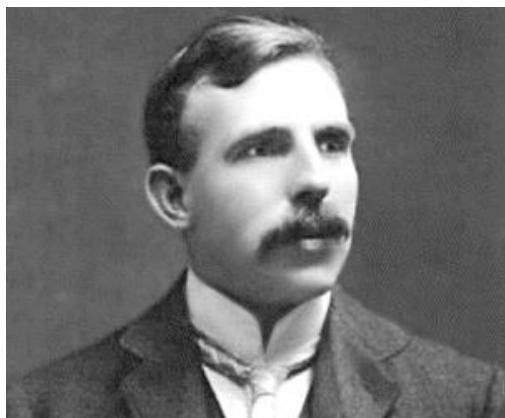
Visi trys gauna Nobelio premiją 1903 m.

Radiacijos poveikį organizmui patiria M.Kiuri susirgdama spinduline liga.

Išspildo ir alchemikų svajonė: atrasta, kad iš tikrujų vienus atomus galima paversti kitais

E.Rezerfordas įrodė, kad spinduliuojamos kelių rūšių dalelės, o išspinduliuodamas α ar β dalelę atomas virsta kitu atomu (1906 m.), kas buvo įvertinta 1908 m. Nobelio premija chemijos srityje.

Viešai jis pasiskelbė, kad jis yra XX a. alchemikas



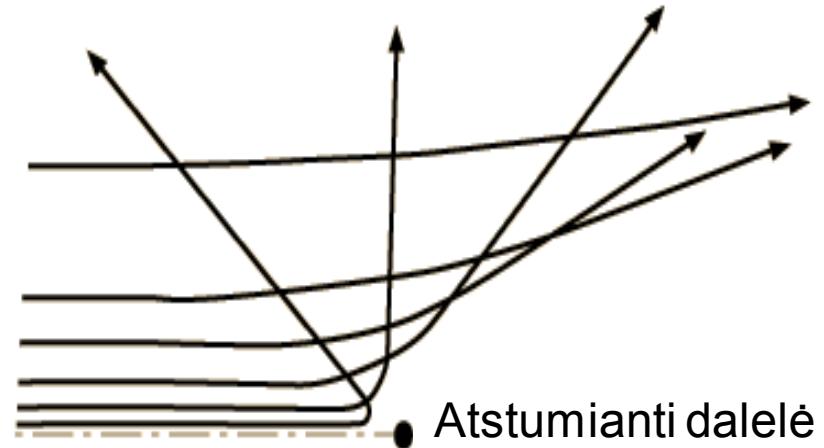
Čia paminėtina chemiko F.Soddi pavardė:

Jis neigė Rezerfordo teiginjį, kad vienas elementas virsta kitu, tačiau, E.R. pakvietus, jis įsijungė į jo komandą ir teko pripažinti, kad idėja teisinga. Vėliau ir jam 1921 m. buvo suteikta Nobelio premija).

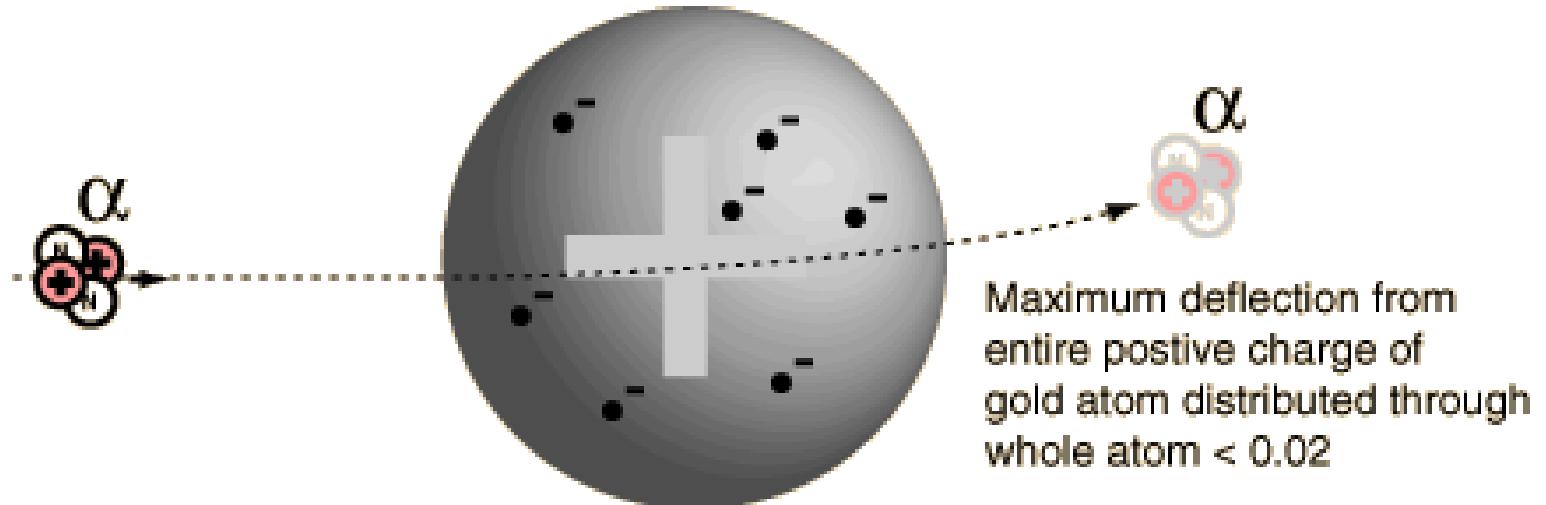
Atradimas, kad kažkokios dalelės išleikia iš atomo paskatino J.J.Tomsono mokinj E.Rezerfordą sugalvoti, kaip jas galima pritaikyti atomo sandarai tirti.

“Nestandartinis” matymas

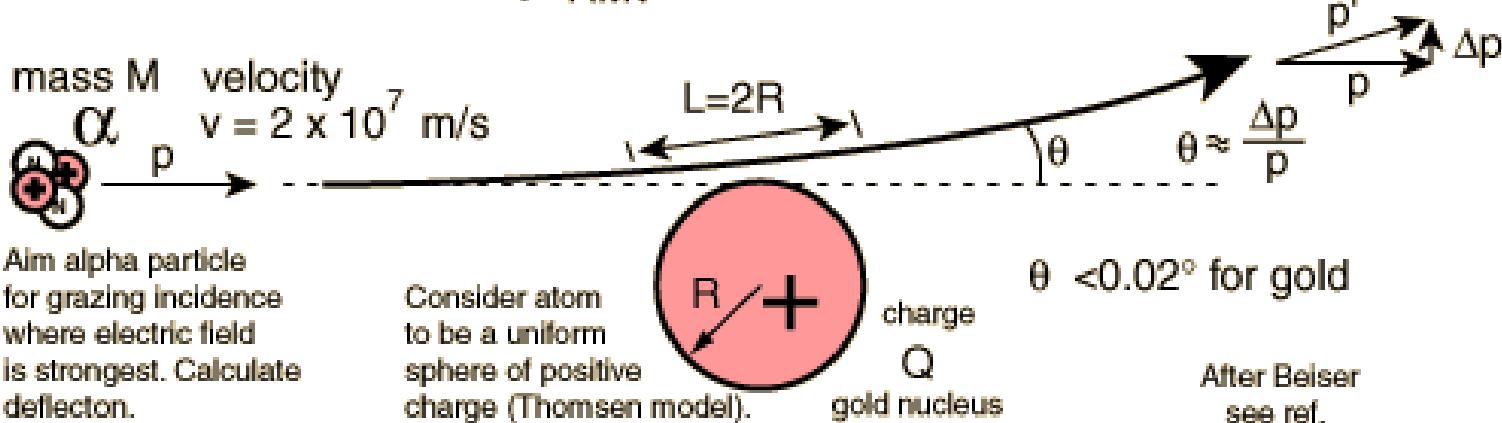
Jei krintanti dalelė sąveikauja su “taikiniu”, pavyzdžiu, atstumia:



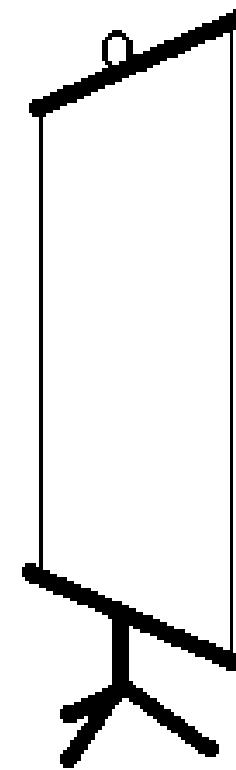
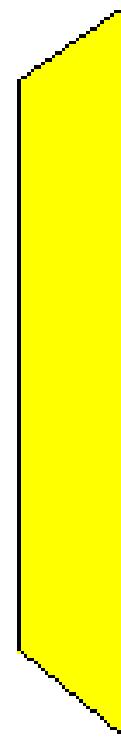
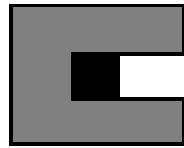
E.Rezerfordas ir jo metodas

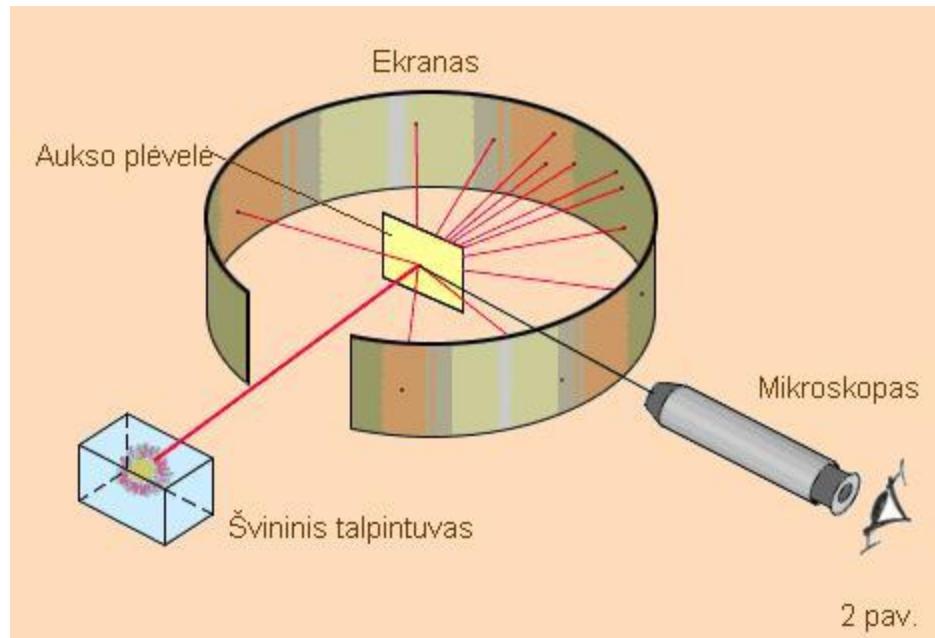


$$\theta_{\text{Thomson atom}} < \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{4eQ}{RMv^2} < 0.02^\circ \text{ for gold}$$



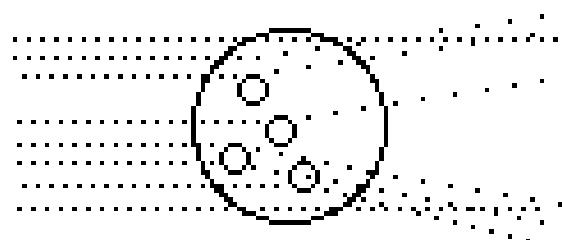
Eksperimentas



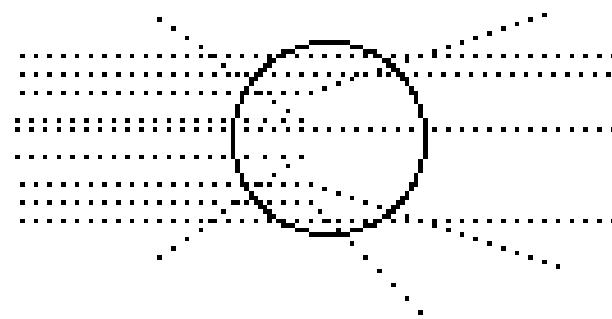


2 pav.

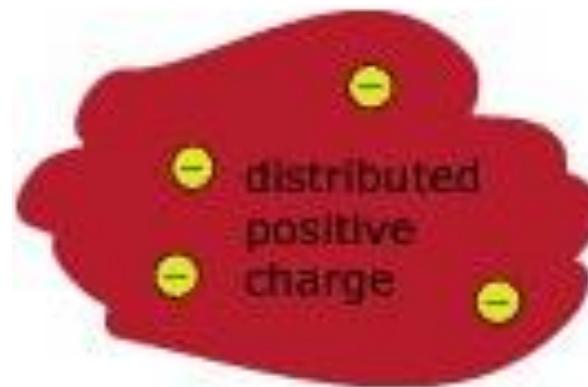
Ko tikėjosi ir kas gavosi?



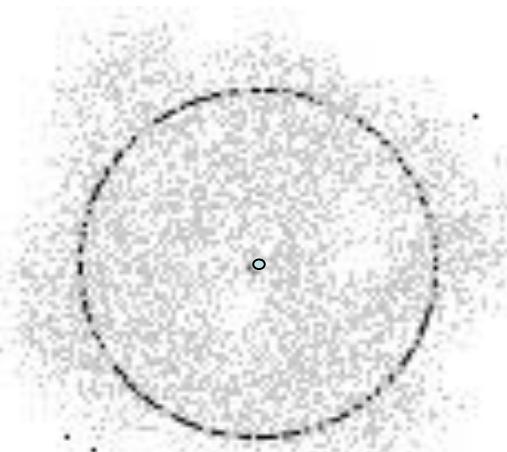
Expected result



Actual result

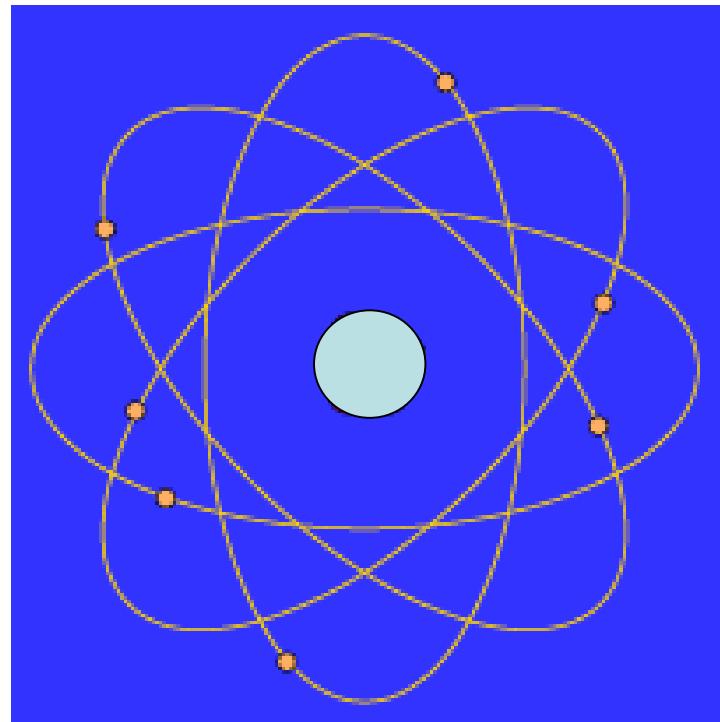


**'Plum-pudding'
Atom**



**Rutherford
Atom**

Rezerfordo atomas



Triumfas (1911 m.) - planetų ir elektronų orbitos vienija kosmosą ir mikrokosmosą!

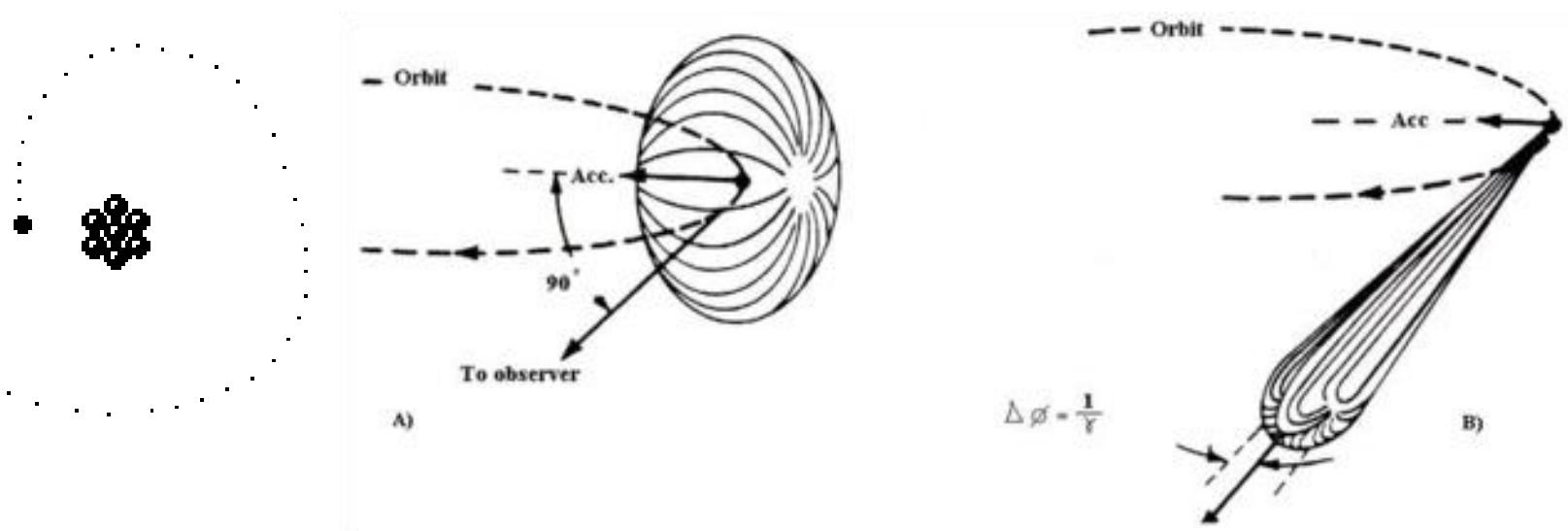
Bet tas triumfas tėsēsi tik keletą metų, nes netrukus fizikai prisiminė,
kad elektronas atome NEGALI skrieti ratu.

(Lietuviškuose mokykliniuose vadovėliuose iki šiol elektronai skrieja aplink branduoli)

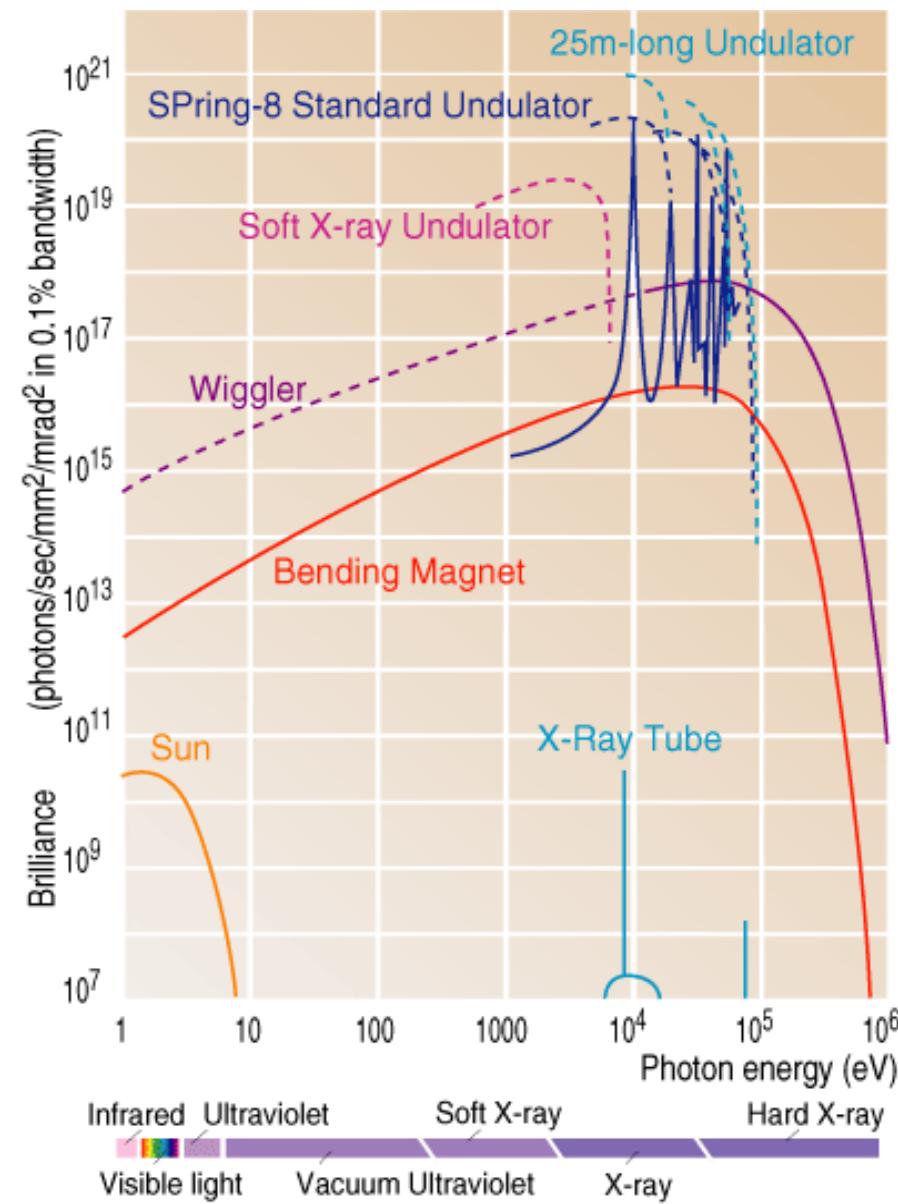
Atomas

Problema: orbita skriejantis elektronas praranda energiją ir turi nukristi ant branduolio! (J.J.Larmor 1897 m. įrodė, kad į elektrintą dalelę juda su pagreičiu, jis spinduliuoja elektromagnetines bangas ir praranda energiją.)

Atomai turėtų spinduliuoti kaip vaivorykštę, ko nėra.



Elektronui skriejant ratu



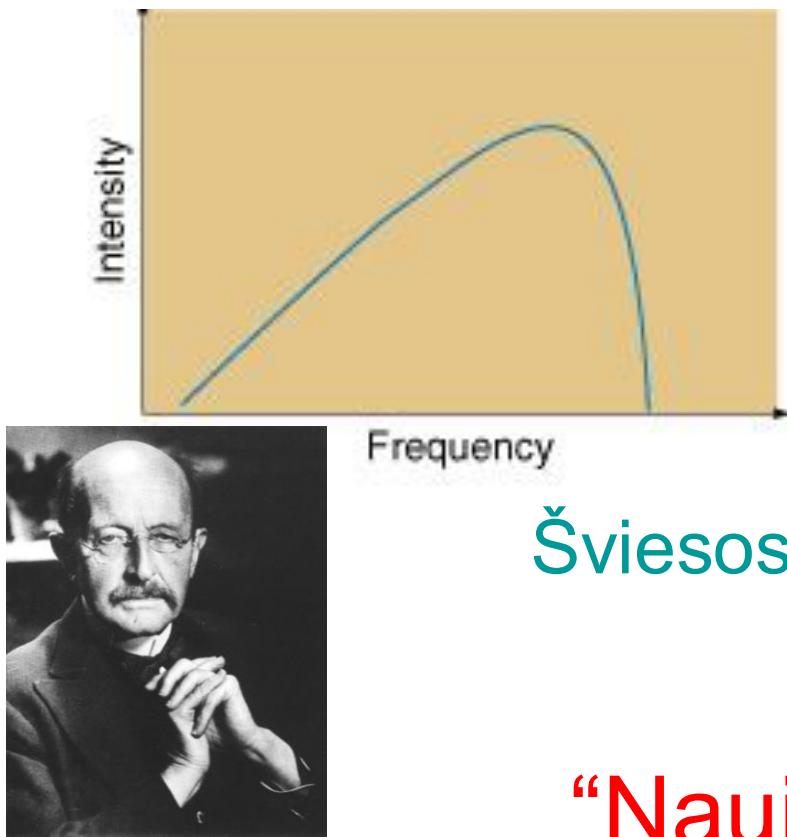
Jei elektronas skrieja ratu, jis iš tikrujų spinduliuoja šviesą.
Jau sukurti tokie šaltiniai, kartais vadinami "fotonų fabrikais".



Svarbieji žingsniai ir atradimai (XIX a. pabaiga):

3. Ką spinduliuoja įkaitintas juodas kūnas?

Nustatyta, kad įkaitintų kūnų spinduliuojamos šviesos spektro forma vienoda, tik priklausomai nuo temperatūros spektro maksimumas yra skirtingoje spektro dalyje.



Tačiau tuometinė teorija teigė, kad šviesos intensyvumas didėjant dažniui neturi mažėti.

O mažėjo, kas buvo pavadinta:
“Ultravioletine katastrofa”

Šviesos kvantas – Plankas.

$$E = h\nu$$

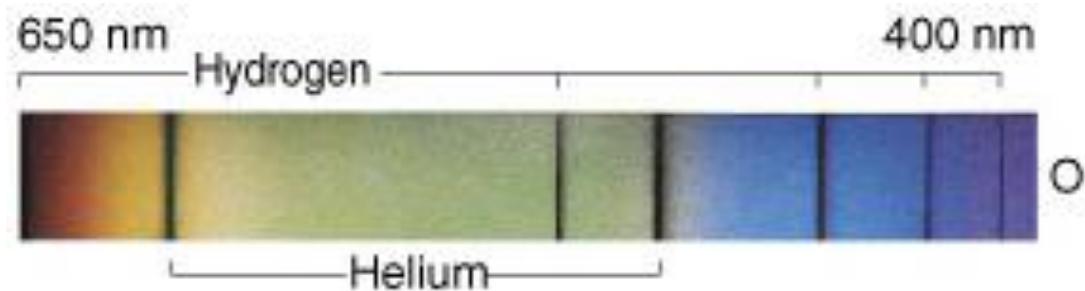
“Naujos” fizikos pradžia:

Maksas Plankas

Svarbieji žingsniai ir atradimai (XIX a. pabaiga):

4. Kokią šviesą spinduliuoja ir sugeria dujos?

“Naujos” fizikos pradžia:



Pirma problema:

Kelias j pažinimą:
kaip atomas
spinduliuoja ir
sugeria šviesą?

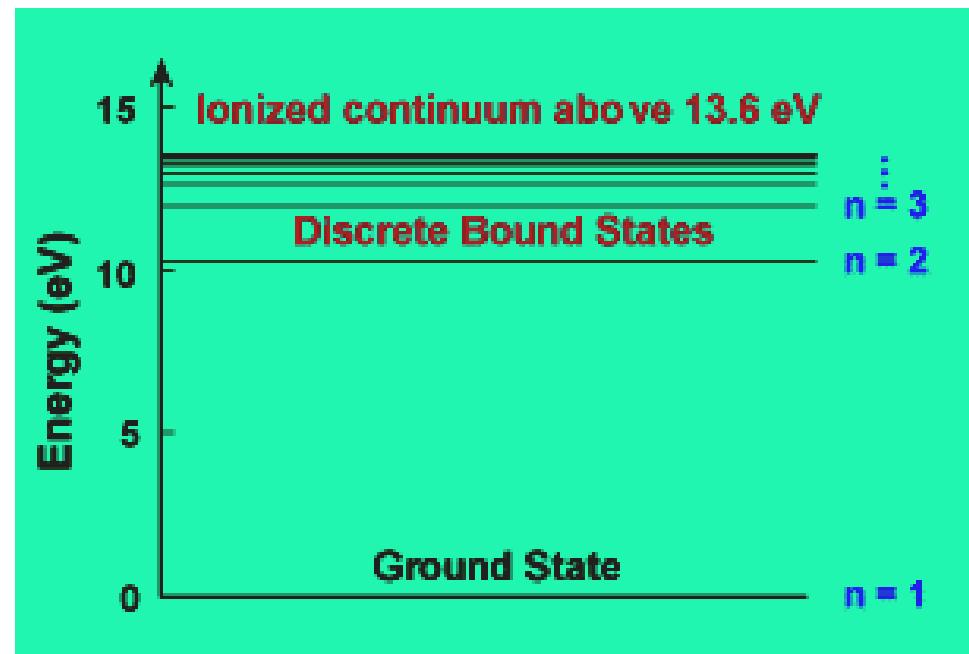
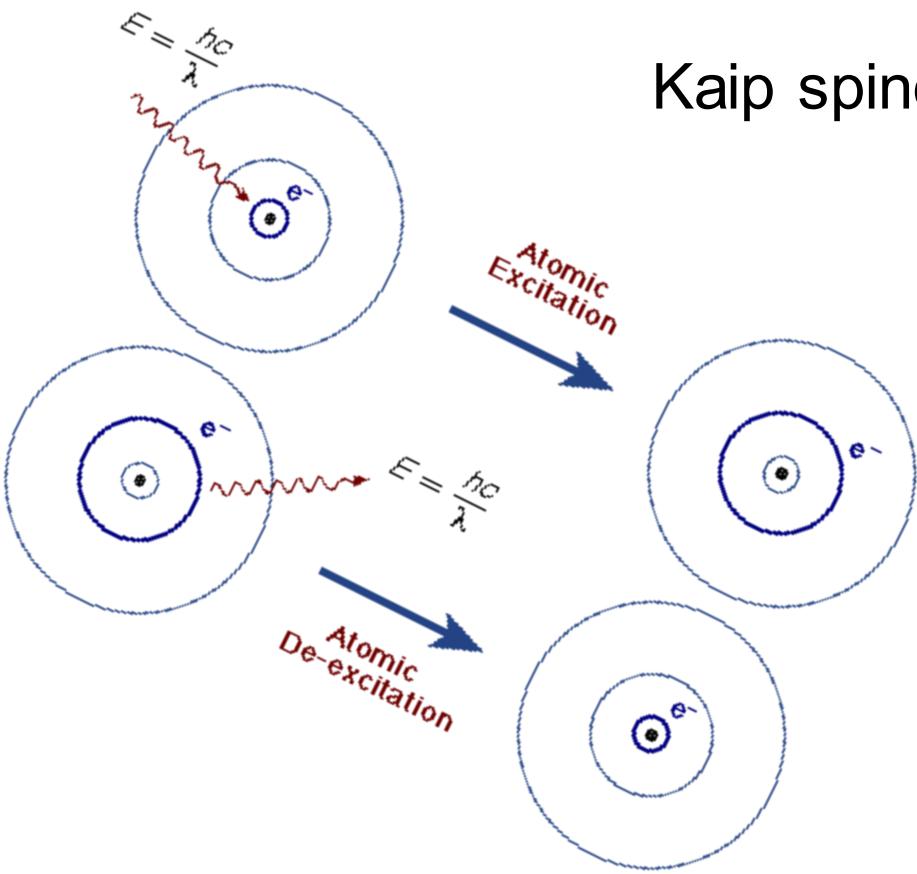


Nilsas Boras:

„Elektronas neskrieja orbita, jis joje yra.

Kodėl - išsiaiškinsime, o kol kas tai tebus hipotezė“. (Mano traktuotė)

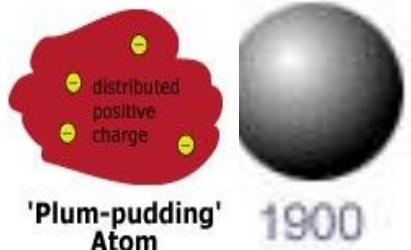
Kaip spinduliuojama šviesa? Boro modelis.



Atomas nuo
Tomsono
iki Boro:

Kas esminio nustatyta (iš spektroskopijos):

1. Elektronai turi sukinj, kurio vertė $s = \frac{1}{2}$ Boro magnetono;; Viename lygmenyje gali būti tik du elektronai: kiekvienas jų yra “priešingai orientuoti magnetukai”: $s = \pm \frac{1}{2}$
2. Sluoksniai sandarą nusako kvantiniai skaičiai:
3. t.y., atomas yra “kampuotas” !
 - s (vienas sluoksnis);
 - p (trys pasluoksniai –orbitos)
 - d (penkios orbitos)
 - f (septynios orbitos)



'Plum-pudding'
Atom



1900



- Present Day
2. Sluoksniai sandarą nusako kvantiniai skaičiai:
 3. t.y., atomas yra “kampuotas” !

Quantum numbers		
Orbit		n
Shape		1
Tilt		m
Spin		s

Gilinantis į atomo sandarą vėl reikšmingą
indėljį įneša E.Rezerfordas.

Jis bombarduodamas azoto atomus α dalelėmis
sukuria deguonį ir įrodo, kad išlékusi kita dalelė
yra ta pati, kurią jis registravo bombarduodamas
vandenilio atomus.

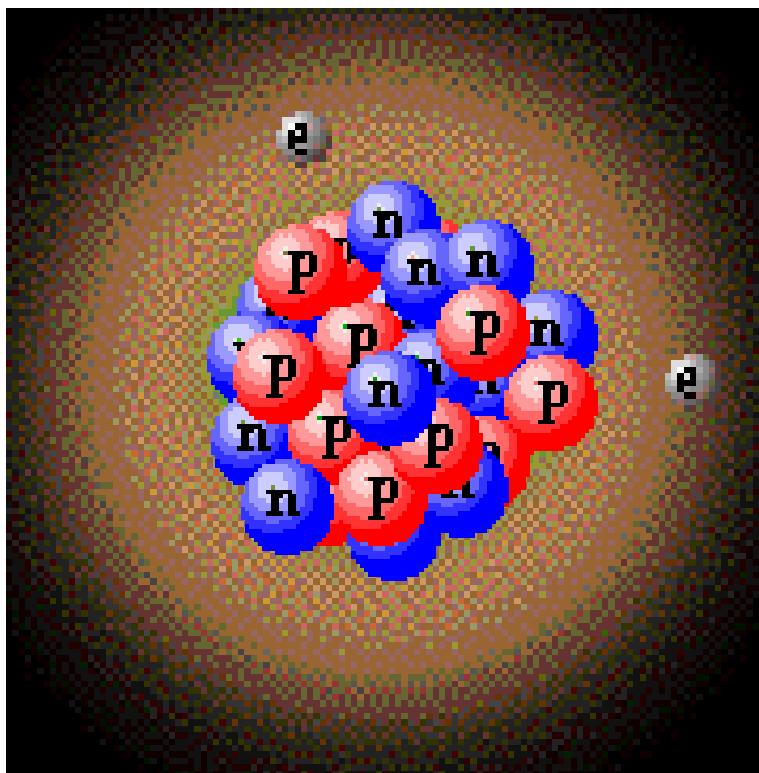
Ta dalelė buvo pavadinta protonu.

Jo mokinys J. Čedvikas atranda dar vieną
dalelę - neutroną (1932).

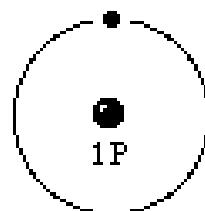


Tampa aišku, kodėl vienodi atomai gali sverti skirtingai:
surandami izotopai.

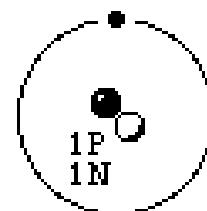
... atomų branduoliai sudaryti iš protonų & neutronų ...



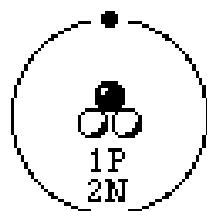
Vandenilis:



Protium



Deuterium



Tritium

Atomų teorija tampa „dailia“:

- Viename lygmenyje du elektronai: kiekvienas jų yra “priešingai orientuoti magnetukai”
 - priešingais sukinys $s=\pm 1/2$;
- Spektro smulkioji struktūra įrodi, kad protono sukinys taip pat $s=\pm 1/2$;
- O spektrų hipersmulkioji struktūra įrodi, kad ir neutrono sukinys lygus $s=\pm 1/2$

Gražu – viskas vienoda !

Naujas požiūris – įrodes, kad N.Boras buvo teisus (elektronai yra orbitoje)

Tai kad šviesa turi dalelių savybes jau rašė I.Niutonas, netiesiogiai tai įrodė A.Einšteinas fotoefektui paaiškinti įvesdamas fotono savoką (už ką gavo Nobelio premiją).

Elektronai yra bangos, o bangos turi dalelių savybes.



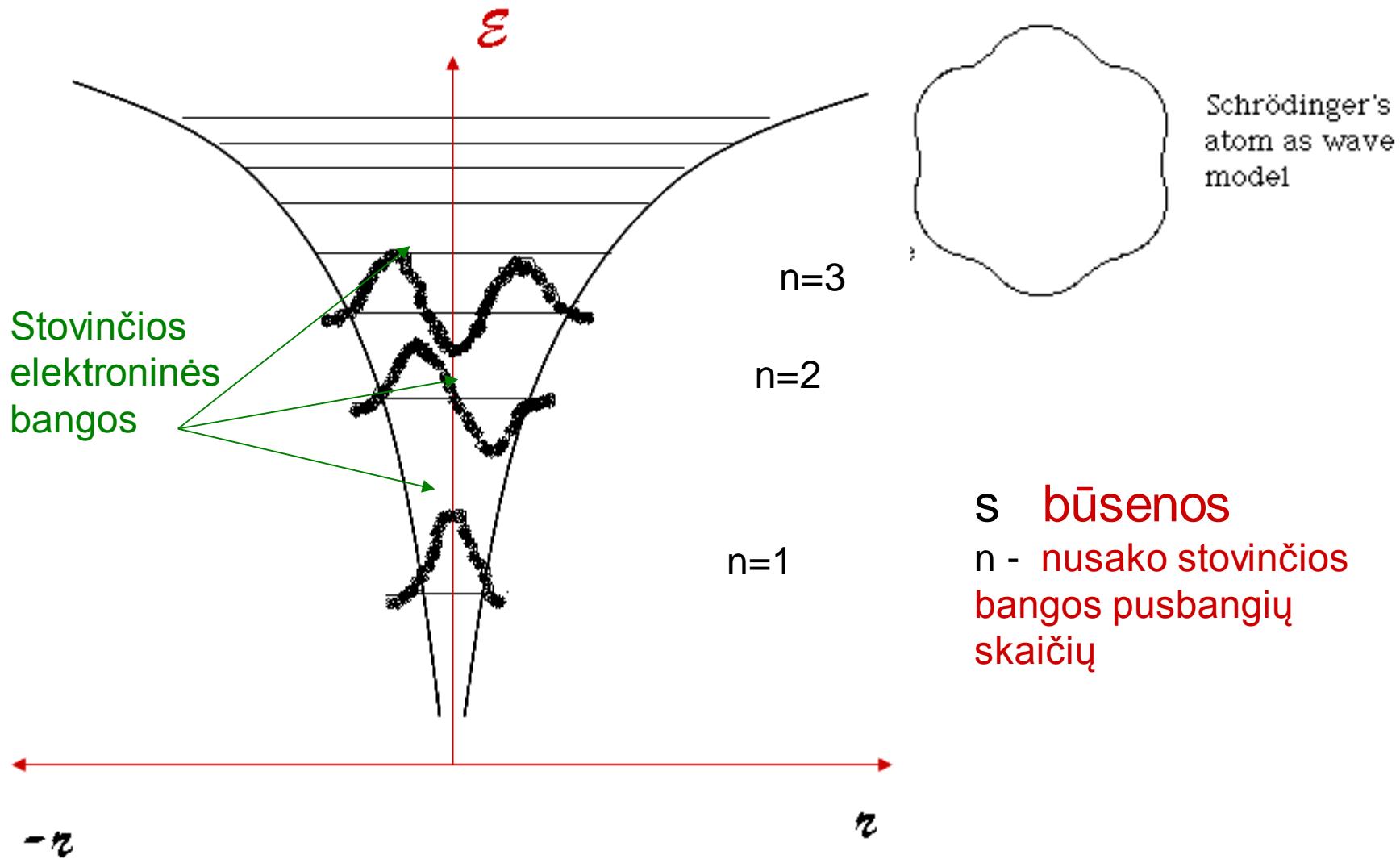
Erwin Schrödinger
The Nobel Prize in Physics 1933

Prize in Physics 1929
Prince Louis-Victor Pierre Raymond de Broglie



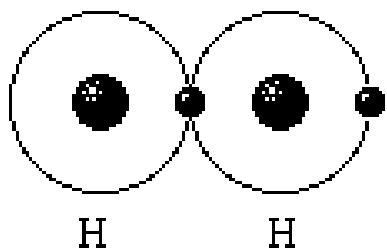
Kvantinė mechanika tampa pripažintu mokslu!

Stovinčios elektronų bangos atome:
elektronai turi būti įsprausti, jie turi virsti stovinčiomis
bangomis.

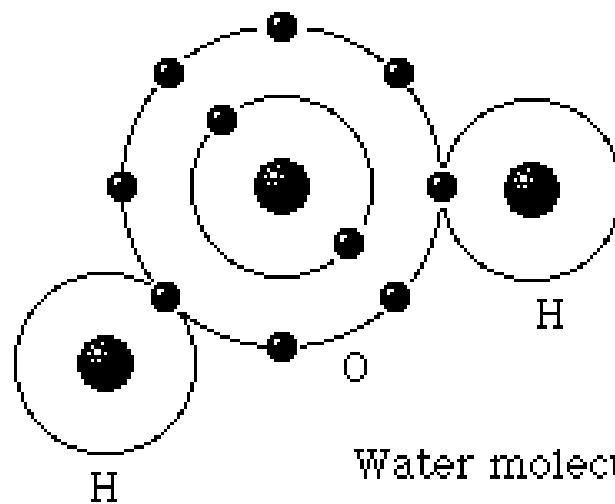


Tarpinės išvados

- Atomų sandara suprasta
- Chemija - elektronų ryšius aiškinantis (ir taikantis praktikoje) mokslas



Hydrogen molecule



Water molecule

Ir t.t.: joninis ryšys, dipolių sąveika (Van der Waalso ryšys)

Naujas etapas branduolio fizika ir branduolinės reakcijos:

Elementų atomų branduoliai gali būti skirtingi ir keičiasi išspinduliuodami α ir β daleles.

Branduolinė reakcija - persistūmimas (eilės Nr. kitimas) — „beta-pagavimas“ - periodinės sistemos lentelėje patenka į vienetu mažesnį langelį (žinoma nuo 1920 m.).

Branduoliai gali ir jungtis:

Jau 1920 m. buvo nustatyta, kad mažų atomų masių suma yra didesnė negu didesnio atomo masė sudaryto iš tiek pat dalelių.

Reiškia, juos sujungiant galima išskirti didelę energiją. 1932 m. buvo atrasti helis 3 ir tritis, ir jie gali jungtis virsdamas heliu 4, ir išskirdamas milžinišką energiją.

H.Bethe 1939 m. įrodė, kaip dega žvaigždės (dalyvaujant tuneliavimo efektui protonas gali virsti neutronu, ir jungiantis protonams ir neutronams išsiskirs milžiniška energija) (šią idėją dešimtmečiu skelbė A.Edingtonas, bet nebuvo aišku, kaip tai vyksta). b

Ir dar naujiena: kitoks elektronas

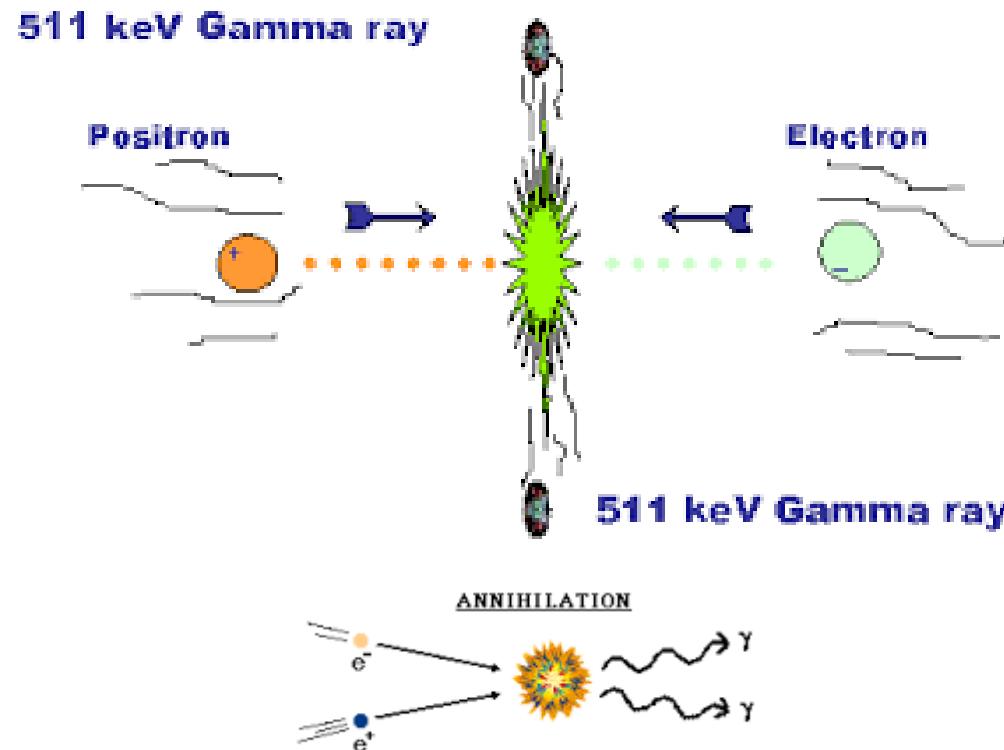
1928 m.

P.Dirakas teoriškai numato, kad turi egzistuoti dalelė – teigiamas elektronas;

1932 m.

K.Andersonas juos atranda kosminiuose spinduliuose.

Fizikai šią dalelę pavadina pozitronu.



Ypatybė: pozitronas gali susijungti su elektronu, ir abu išnyksta virsdami gamma kvantais , kurių energija 0,511 MeV ir jie išlekia priešingomis kryptimis.

Dėl šios susinaikinimo efekto pozitronas pavadintas „antidalele“, ir iškeliamą idėją, kad gal gali egzistuoti ir antimedžiaga.

Positron Emission Tomography (PET)

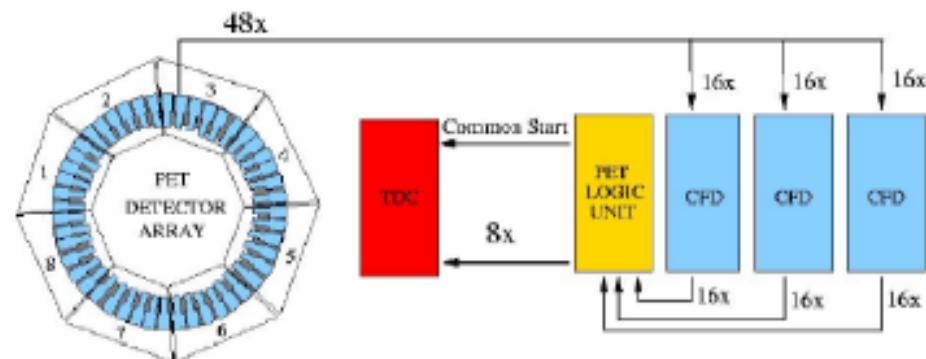
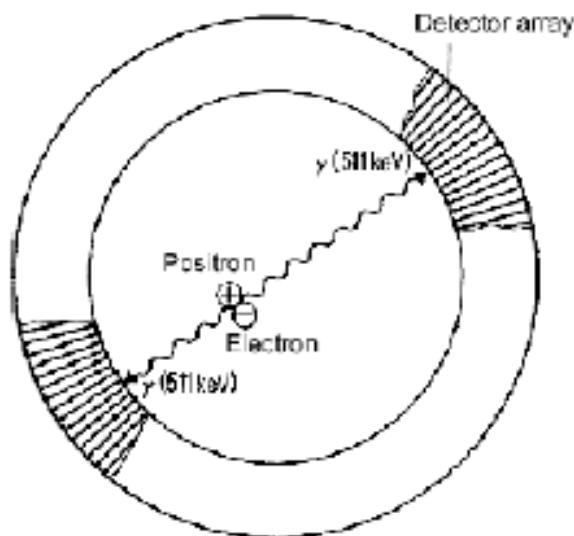
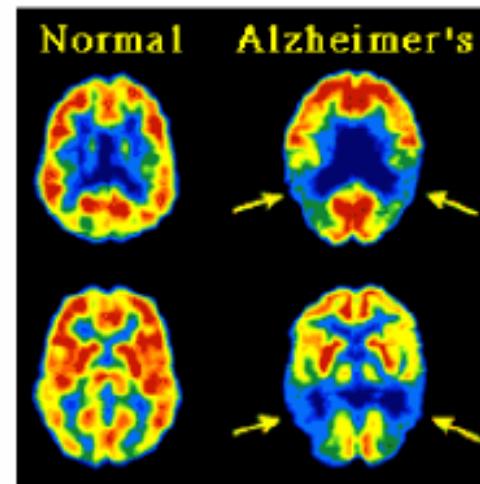
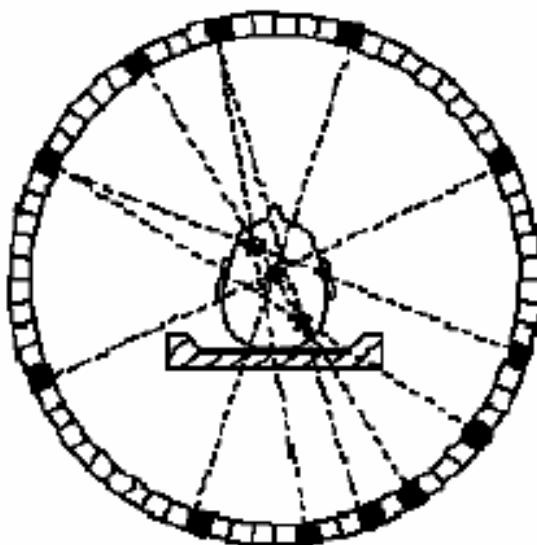
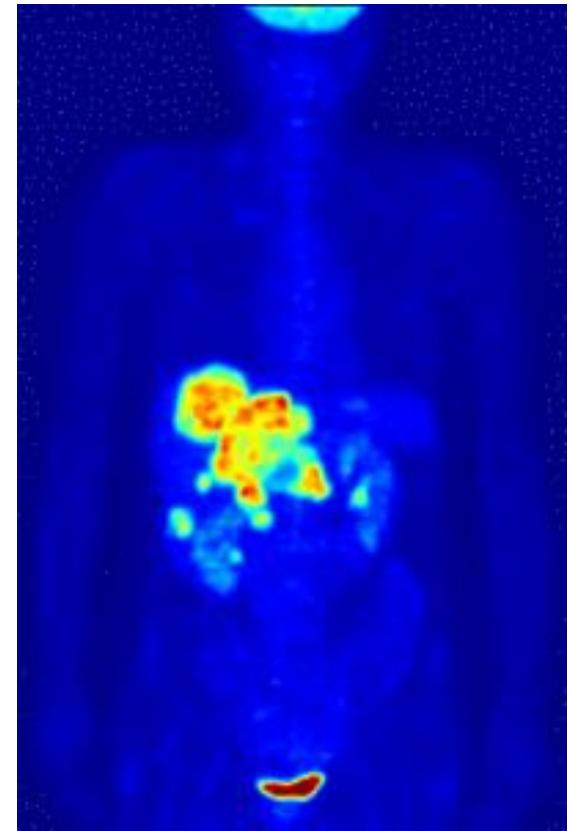


Fig 4.2 Block diagram of detector arrangement and electronic modules



Antidalelės tarnauja: pozitronij ir elektronų anihiliacija - PET “natūroje”



Radioizotopai:

anglis-11 (pusiauskilimo trukmė ~20 min), azotas-13 (~10 min), deguonis-15 (~2 min) bei floras-18 (~110 min), kurie patalpinami gliukozéje, vandenye, amoniake ir pan.

Žinios apie daleles (*e*, *n*, *ir p*) iš atomų tyrimų sukūrė problemą aiškinant: „beta-pagavimą“ – branduolinė reakcija, kada elementas pavirsta kitu, esančiu periodinės sistemos į vienetu mažesniame langelyje.

Tai buvo aiškinama taip:
protonas (+1) pagavo elektroną (-1) ir virto neutronu (0).

Lyg ir gerai, bet – tai **TRAGEDIJA**, nes tai neigia sukinijų suma !!!

Bet kiekvieno jų (*e,n,p*) sukinys lygus (+ $\frac{1}{2}$) arba (- $\frac{1}{2}$)
 $\pm\frac{1}{2} \pm \frac{1}{2} = \pm \frac{1}{2}$ (???)

Atrasta, kad neutronas suskyla:

$$n = p^+ + e^-.$$

Probleme analogiška β pagavimui, tik procesas priešingas:

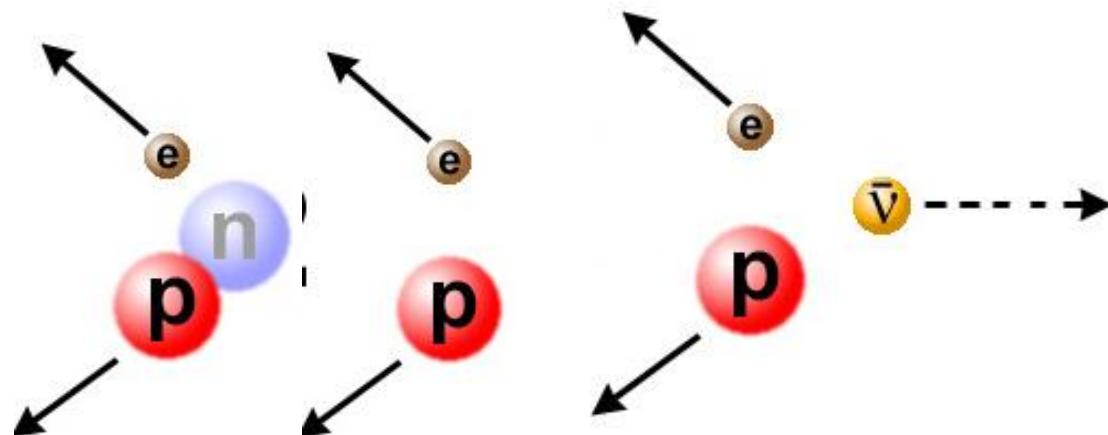
$$p^+ + e^- = n .$$

Bet kiekvieno jų sukinys lygus ($+ \frac{1}{2}$) arba ($-\frac{1}{2}$)

$$\pm \frac{1}{2} = \pm \frac{1}{2} \pm \frac{1}{2} (???)$$

Kodėl negalioja sukinio tvermės dėsnis?

**Dirakas atsako: egzistuoja neaptinkama neutrali dalelė,
Fermis ją pavadina neutrinu (1933 m.)**



Neutrinai (juos pavyko pirmą kartą užregistruoti 1956 m.)

1. Neutrinas, tiksliau, antineutrinas, saveikojo su protonu **CdCl₂ tirpale esančiame greta plutonio reaktoriaus**, ir jį paverčia neutronu ir pozitronu. Pozitronas anihiliuoja su elektronu, registrojami du gama kvantai.
2. Neutronas sklisdamas tirpalu, atsidauždamas į protonus vandenye, lėtėja iki jį pagauja Cd branduolys, kuris išspinduliuoja 9 MeV energiją gama kvantais po kelių μs . Statistiškai įrodyta, kad toks procesas vyko.
3. Atradimas įvertintas Nobelio premija.

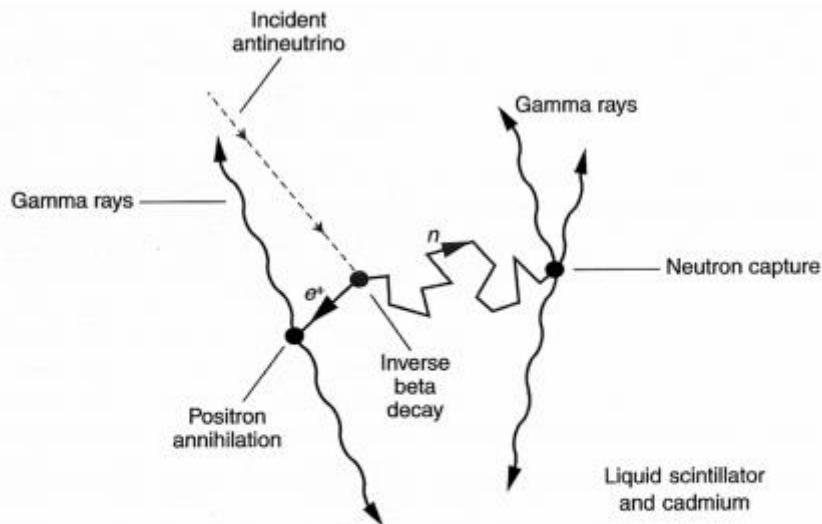


Fig. 4. The signature of the inverse beta-decay reaction has two parts. Two oppositely-directed 0.511-MeV gamma rays resulting from positron (e^+) annihilation are the first signal of the reaction. The first signal is followed a few microseconds later by a second signal due to energetic gamma rays from neutron capture in cadmium. Courtesy of the Regents of the University of California, operators of Los Alamos National Laboratory.

Neutrinai atlekiantys iš Saulės užregistruoti (BNL, JAV) 1965 m. kitu būdu:

Beveik 400 000 litrų C_2Cl_4 inde:

$^{37}Cl +$ neutrinas = $^{37}Ar +$ elektronas.

Skaičiuojami atomai, (heliu skystis „inde“ prapučiamas ir atšaldomas, Ar virsta skysčiu), o elektronas taip pat gali būti registruojamas: į elektrintą dalelę stabdoma, todėl spinduliuoja: šviesos kūgį (elektrono greitis viršija šviesos greitį skystyje).

Toks pat efektas stebimas skrendant virgarsiniams lėktuvui: stebėtojas išgista sprogimą, o po jo lėktuvo variklių gausmą.)

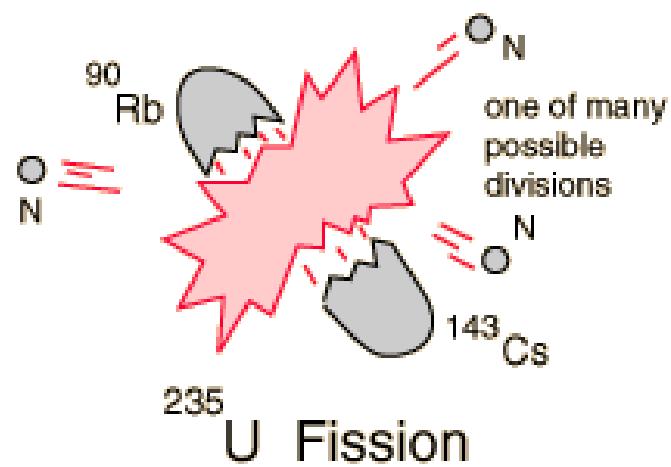
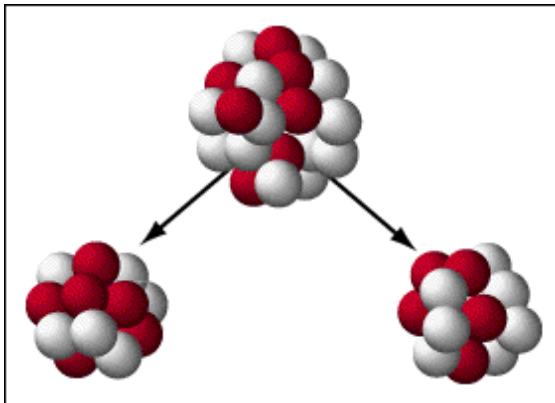


Galimas atgalinis uždavinys – užregistravus kūgį apskaičiuoti, iš kur atlékė į elektrintą dalelę, t.y., iš kur ir neutrinas.

Grįžtame į kitą problemą pradėtą spresti prieš šimtmetį: elementų virsmai vienas kitu.

Astrandama savaiminė branduolinė reakcija: skilimas

O.Hahn'o atradimas (Nobelio premija)



Fragmentų masių suma yra mažesnė už pradinę atomo masę ~0,1 %. Ši "trūkstama" masė – išsiskirianti ryšio energiją, surandama pagal $E=mc^2$.

E.Fermi įrodo, kad kadangi skilimo metu išleikia bent du neutronai, galima grandininė reakcija: galima kurti branduolinius reaktorius ir sprogmenis.

Antros tarpinės išvados:

Prieš 50 metų nustatyti mikropasaulio pagrindiniai veikėjai – elementariųjų dalelių tipai, valdantys atomus ir branduolines reakcijas.

Buvo nustatyti, buvo suprasti pagrindiniai branduoliu sąveikos procesai ir sukurtos prielaidos branduolinei energetikai susikurti.

Jau tuo metu pademonstruota kokią griaunamą ir žudančią jégą turi mikropasaulyje vykstantys procesai.

„Taikus atomas“ tada tik pradėjo skintis kelius į ateitį.

Vandenilinė bomba



“Самый мощный советский термоядерный заряд. Испытан 30 октября 1961 года на неполную мощность. Энерговыделение 50 Мт ТЭ. Музей ядерного оружия РФЯЦ–ВНИИЭФ. (Архив Минатома)”

Gali sugriauti viską didesniame negu 30 000 kv.km plote.

Pirmos ir galingiausios vandenilinės bombos sprogimai



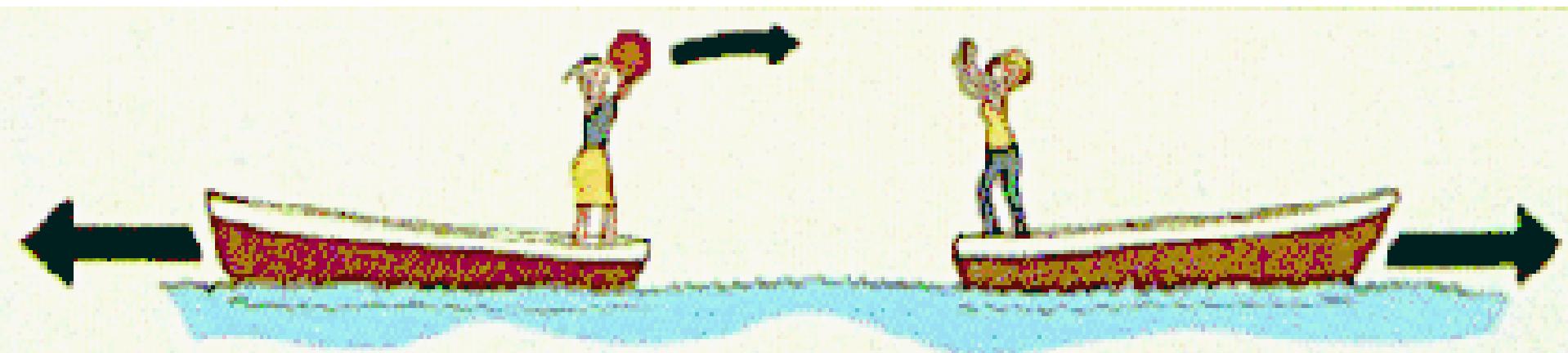
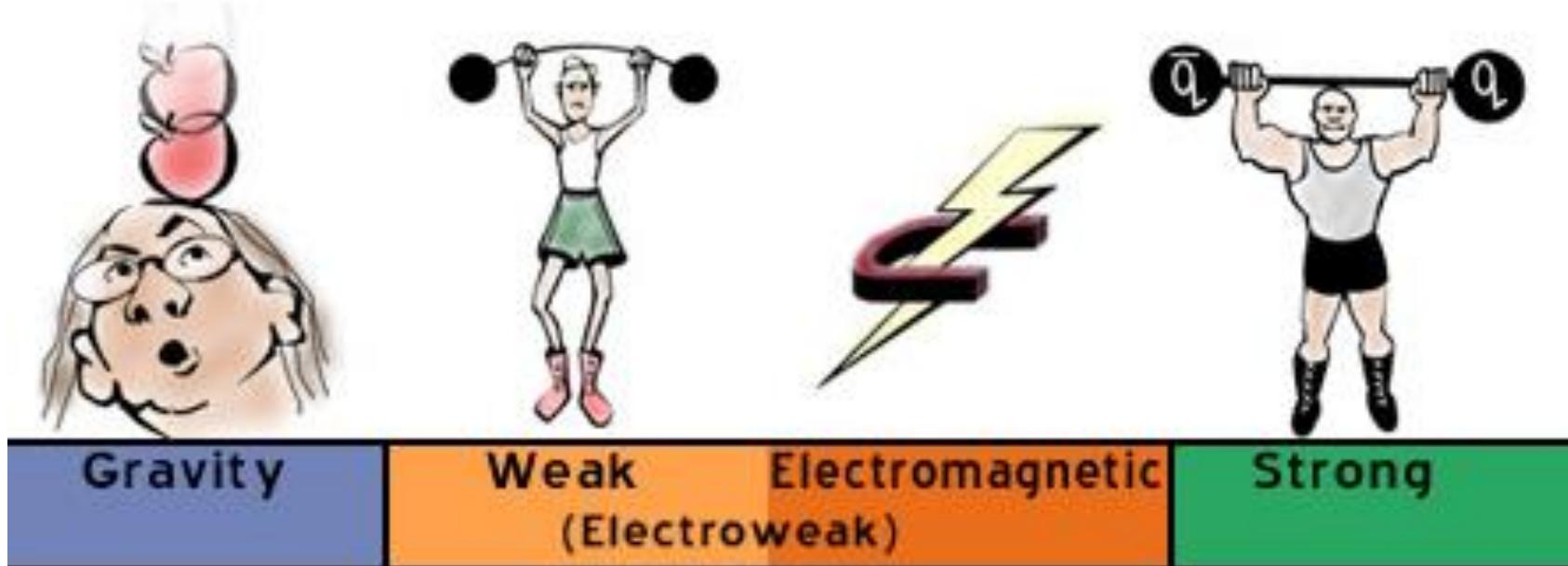
Pirmos vandenilinės bombos
(užtaiso) sprogimas
([Ivy Mike](#)).



Galingiausios vandenilinės bombos sprogimo nuotrauka. Poligonas „Naujoji Žemė“, 1961 m. spalio 30. (Архив Минатома)

Šio sprogimo pasklidusios radioaktyvios nuosėdos rastos tiriant Juodžio ežero (prie Vilniaus) jo dumblą po 50 metų, ir jų buvo daugiau, negu iškrito po Černobilio katastrofos.

Nagrinéjant saveikas ir virsmusnustatyta, kokios jėgos egzistuoja.



Sąveikos (jėgos) gamtoje

Tipas	Sąveikos stipris	Sąveikos nešėjas	Pasireiškia
Stipriosios	~1	Gliuonas (masės neturi)	Atomų branduoliose
Elektromagnetinės	~ 1/1000	Fotonas (masės neturi)	Atomo sluoksniuose, eletrotechnikoje
Silpnosios	~1/100000	Bozonai: Z, W+, W- (sunkūs)	Elementariųjų dalelių skilimuose
Gravitacijos	~1/10 ³⁰	Gravitonas	Gravitacijoje (kūnus daro sunkiaus)

Ką toliau reikia tirti?

Idėją pateikia dalelių statistika:

Lengvos dalelės: elektronai, pozitronai, neutrinai
ir

sunkiosios elementariosios dalelės: protonai, neutronai ir dar
atrasta per 300.

Sumažyta, kad gal jų skaldymo procese dėl $E=mc^2$ kuriiasi
naujos dalelės.

Nagrinėjant jų visų parametru simetriją (tvermės dėsnius),
buvo pasiūlytas kvarkų modelis, o visos elementariosios
dalelės sudėtos į Standartinį modelį. .

Sunkiosios elementariosios dalelės: kvarkai.

$(\frac{2}{3})$

up



$(\frac{2}{3})$

charm



$(\frac{2}{3})$

top



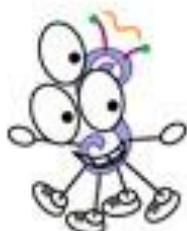
$(-\frac{1}{3})$

down



$(-\frac{1}{3})$

strange



$(-\frac{1}{3})$

bottom



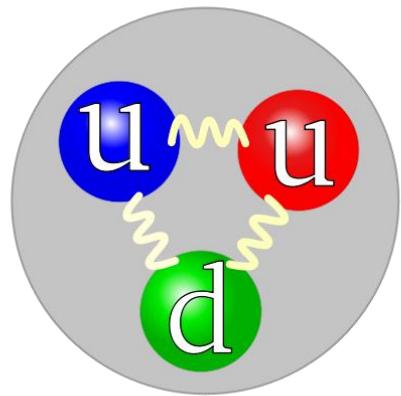
“Standartinis modelis”

mass →	$\approx 2.3 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 173.07 \text{ GeV}/c^2$	0	$\approx 126 \text{ GeV}/c^2$
charge →	2/3	2/3	2/3	0	0
spin →	1/2	1/2	1/2	0	0
	u	c	t	g	H
	up	charm	top	gluon	Higgs boson
QUARKS					
mass →	$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$	0	$\approx 126 \text{ GeV}/c^2$
-	-1/3	-1/3	-1/3	0	0
	d	s	b	γ	H
	down	strange	bottom	photon	Higgs boson
LEPTONS					
mass →	$0.511 \text{ MeV}/c^2$	$105.7 \text{ MeV}/c^2$	$1.777 \text{ GeV}/c^2$	0	$91.2 \text{ GeV}/c^2$
-	-1	-1	-1	0	0
	e	μ	τ	Z	Z boson
	electron	muon	tau	Z boson	Z boson
GAUGE BOSONS					
mass →	$<2.2 \text{ eV}/c^2$	$<0.17 \text{ MeV}/c^2$	$<15.5 \text{ MeV}/c^2$	0	$80.4 \text{ GeV}/c^2$
0	0	0	0	± 1	1
1/2	1/2	1/2	1/2	1	W
	ν_e	ν_μ	ν_τ	W boson	W boson
	electron neutrino	muon neutrino	tau neutrino	W boson	W boson

Teko, kvarkų ir gluonų sąveikai paaiškinti, pripažinti, kad egzistuoja dar vienas dalelių parametras, kuris pavadintas spalva. Spalvos yra šešios: raudona ir antiraudona; mėlyna ir antimėlyna, žalia ir antižalia.

Higso laukas salygoja dalelių masės atsiradimą, o atsiradus masei atsiranda gravitacija (ši sąveika 10^{30} kartų silpnesnė už stiprią, kuri sukuria atomų branduolius. I Standartinį modelį nepatenka gravitacijos nešėju skelbiamas gravitonas.

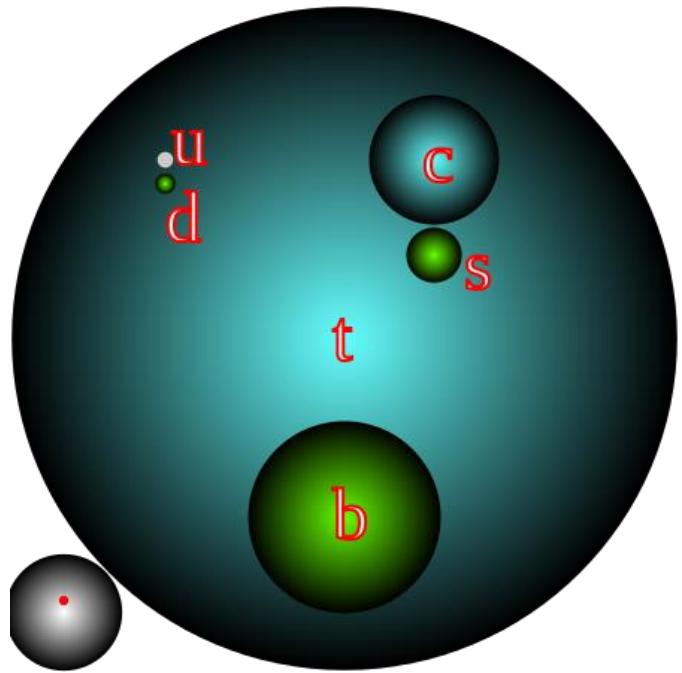
Protonas yra sudėtinė iš dviejų up kvarkų ir vieno down kvarko, sujungtų gliuonais, dalelė.



Reikia pastebėti, kad spalvoti yra kvarkai ir gliuonai, o dalelės, kurios eksperimente tiesiogiai registruojamos yra „baltos“ (trijų spalvų deinys, atba spalvota ir antspalvota).

Kvarkų masių palyginimas (rutulio dydis proporcingas masei).

Protonas ir elektronas (raudonas) parodyti kampe apačioje.

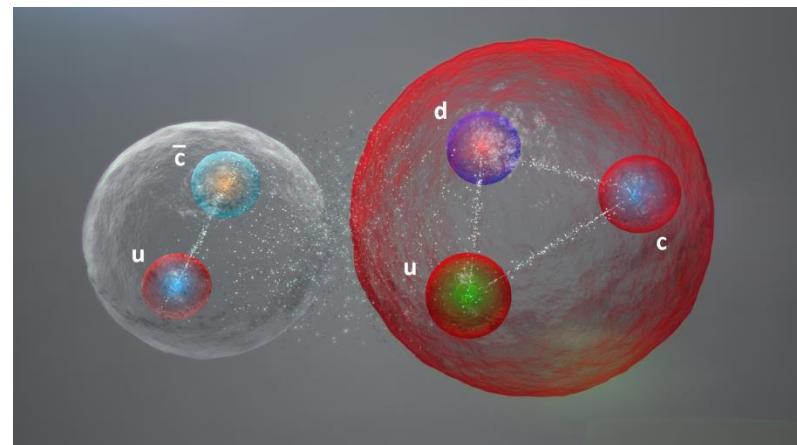
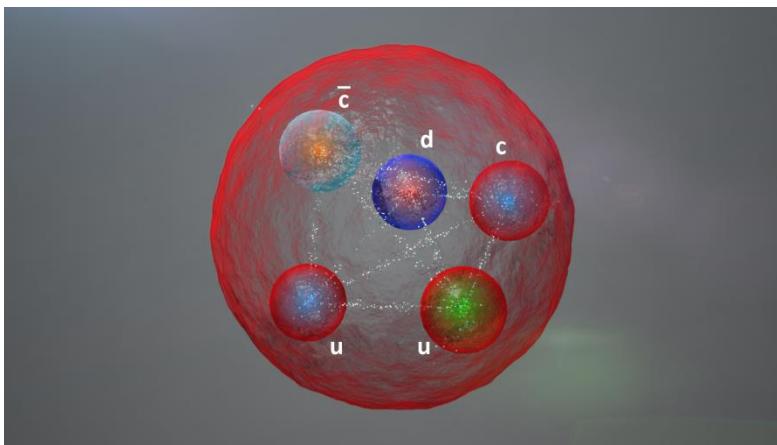


Ši fizikos sritis pavadinta **kvantine chromodinamika**

- "Quark structure proton" by Arpad Horvath - Own work. Licensed under CC BY-SA 2.5 via Wikimedia Commons - http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Quark_structure_proton.svg#/media/File:Quark_structure_proton.svg
- "Quark masses as balls" by Incnis Mrsi - Own work. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons - http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Quark_masses_as_balls.svg#/media/File:Quark_masses_as_balls.svg

M.Gell-Mann'as, kuris sukūrė dalelių kvarkų modelį 1964 m. numatė, kad gali egzistuoti 4 ir 5 kvarkų dariniai.

- 2014 m. balandį buvo atrastas 4 kvarkų darinys, o 2015 m. liepą sukūrė 5 kvarkų darinį pavadinčią pentakvarku.
- Tai iškėlė naują uždavinį: reikia nustatyti, kaip tie kvarkai išsidėstę?
- Gal egzistuoja molekulės sudarytos iš elementariųjų dalelių?



Raidėmis pažymėti pentakvarką sudarantys kvarkai, kurių elektrinis krūvis yra:
 $u - (+2/3)e$; $d - (-1/3)e$, $c - (+2/3)e$, $c_{\bar{}} - (-2/3)e$.

Kokios dar matomos problemas? (I)

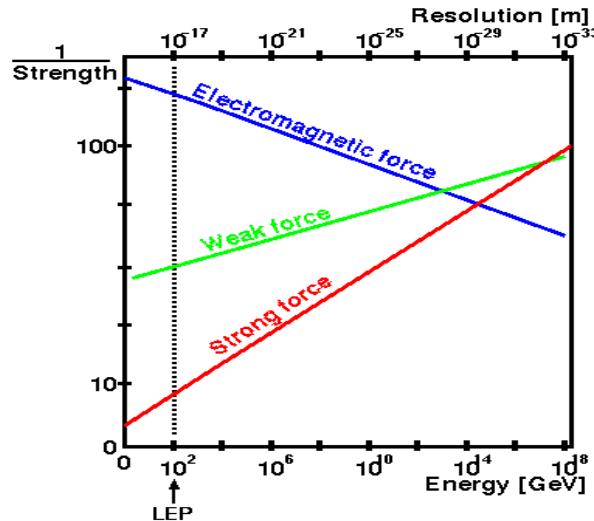
- Dar ne viskas aišku apie lengvų dalelių masę.
 - Ją lemia sąveikos energija.
 - Gal yra paslėptų dimensijų ypač mažuose atstumuose?



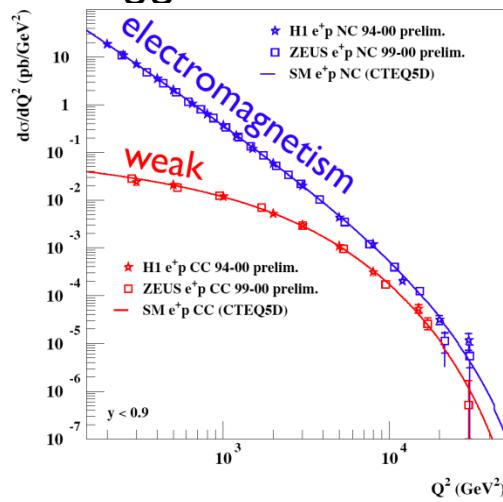
Kokios dar matomos problemos? (II)

Jėgų priklausomybė nuo energijos

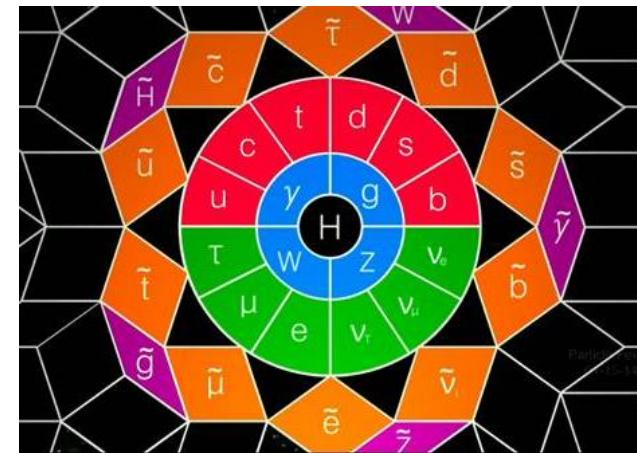
Jei nagrinėti paprasčiausią modelį:



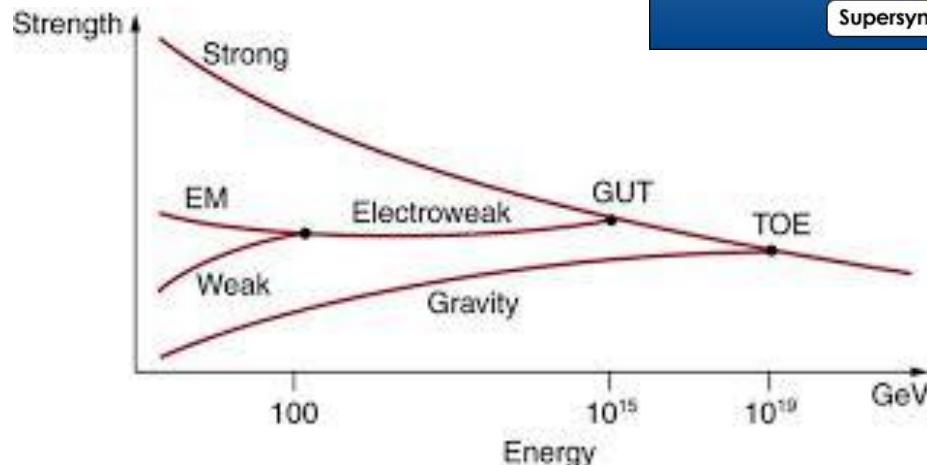
Ivedus Higgs'o mechanizmą:



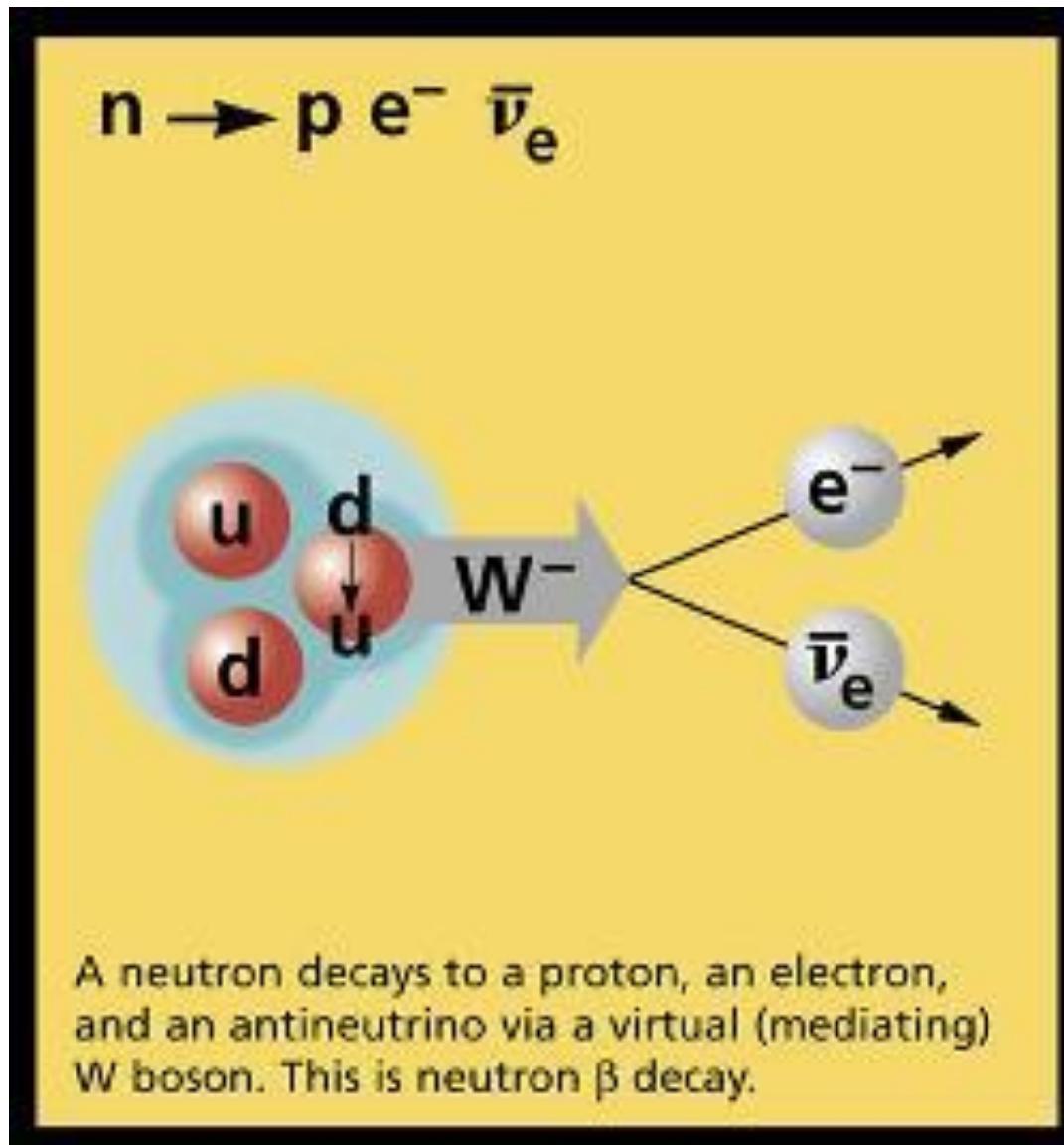
Tolesnės idėjos:
supersimetrinis modelis
SUSY

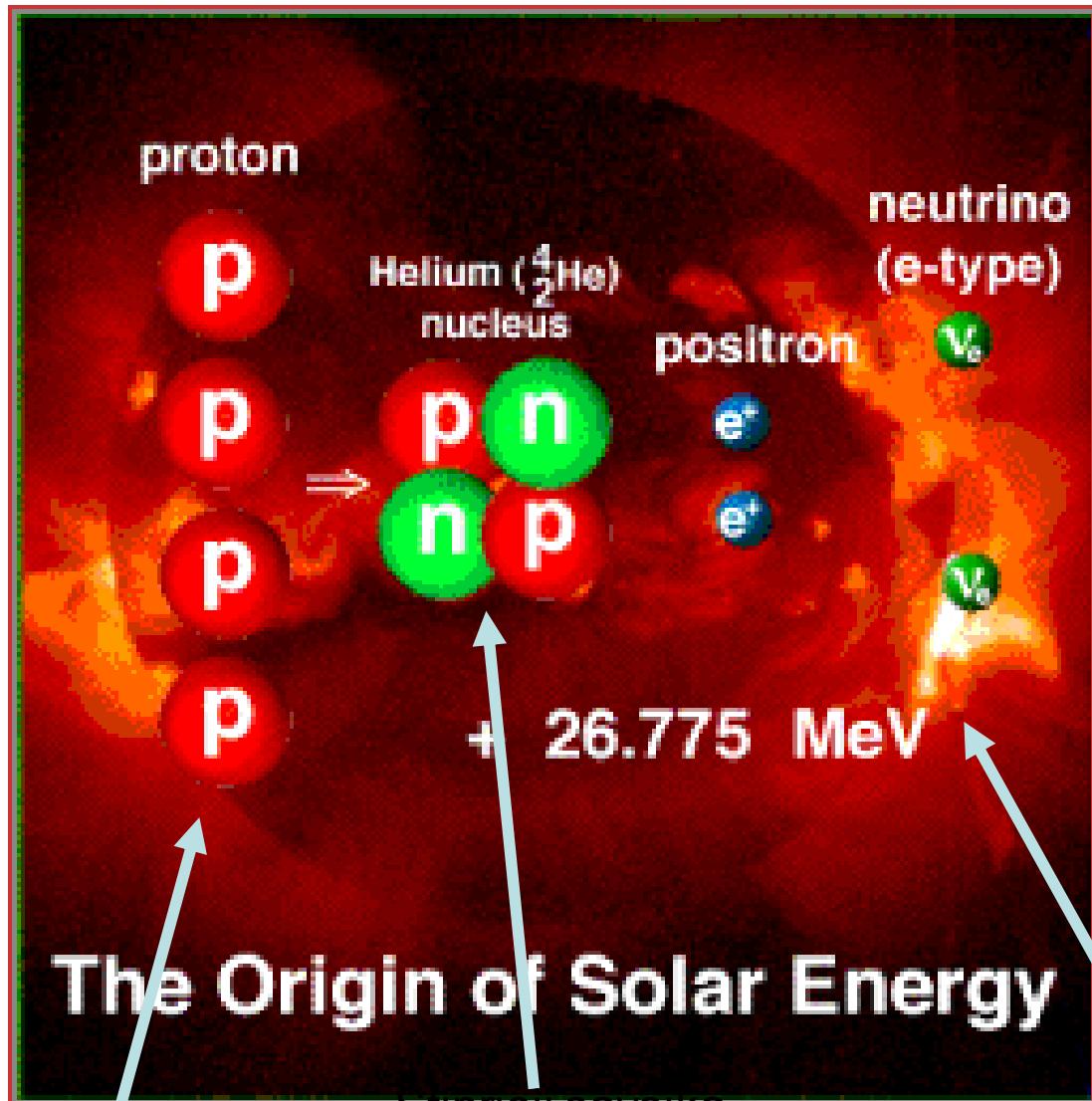


Grand unification –GUT
Kvantinė gravitacija
Visko teorija - TOE



Neutrono skilimas (naujausia versija)





Silpnoji sąveika
 p paverčia n

Stipnoji sąveika
priverčia n ir p
jungtis į He
branduolius ir
išskirti energiją

Elektromagnetinė
sąveika energiją
paverčia šviesa

Šviesa

Saulės vėjas



Trauka –
gravitacinė
sąveika

Pasaulio įvairovę lemia tiek matmenys, tiek ir energija, valdanti vykstančius procesus.

Energijos skalė (T atvaizdavime):

- Didžiojo sprogimo pradžioje

(LHC sudaužiant Pb atomus)

Kvarkų gluonų plazma –

bent $1\ 000\ 000\ 000\ 000\text{ K, }^{\circ}\text{C}$

- Saulės gelmėse (TOKOMAK reaktoriuje)

$> 10\ 000\ 000\text{ K, }^{\circ}\text{C}$

- Saulės paviršius

$> 5\ 000\text{ K, }^{\circ}\text{C}$

- Kambario T - $\sim 300\text{ K, }17\text{ }^{\circ}\text{C}$

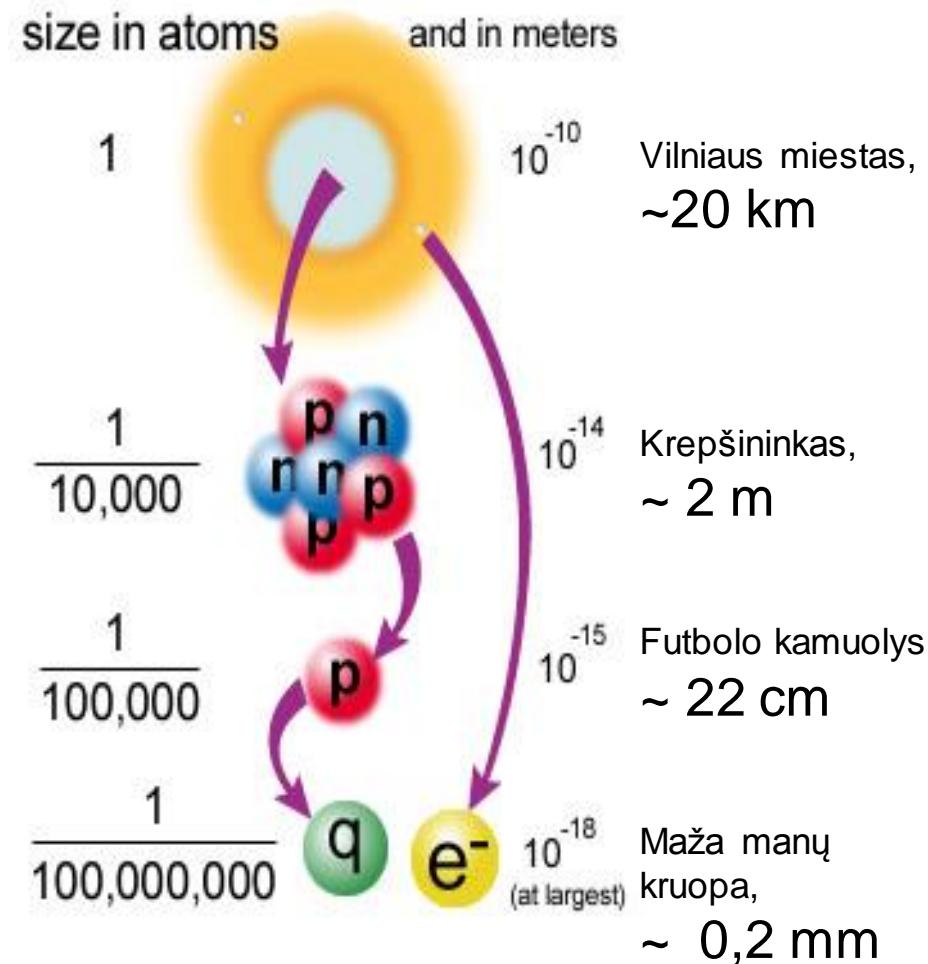
- Elektronų kvantinės savybės viršija klasikines (superlaidumo efektas)

T - $0,1\text{-}100\text{ K}$

- Atomai elgiasi kaip kvantiniai objektai (supertakumo efektas)

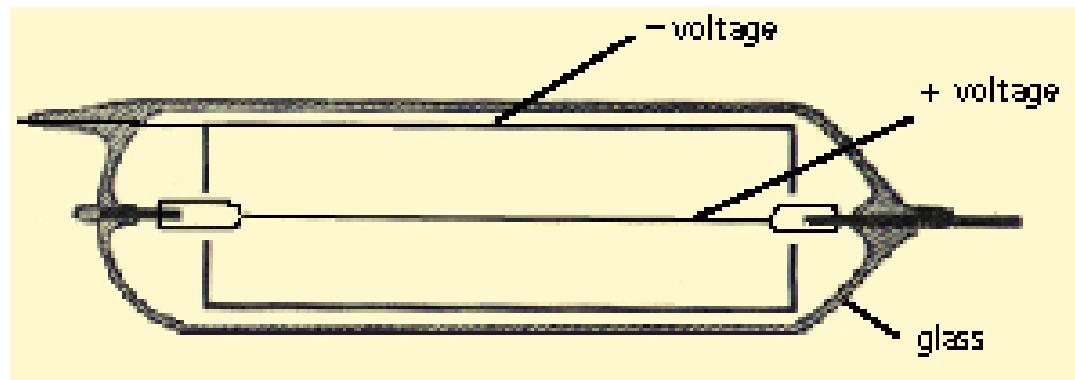
T - $\sim \text{keli } \mu\text{K} - 1,9\text{ K}$

Naujų dėsningumų iliustracija

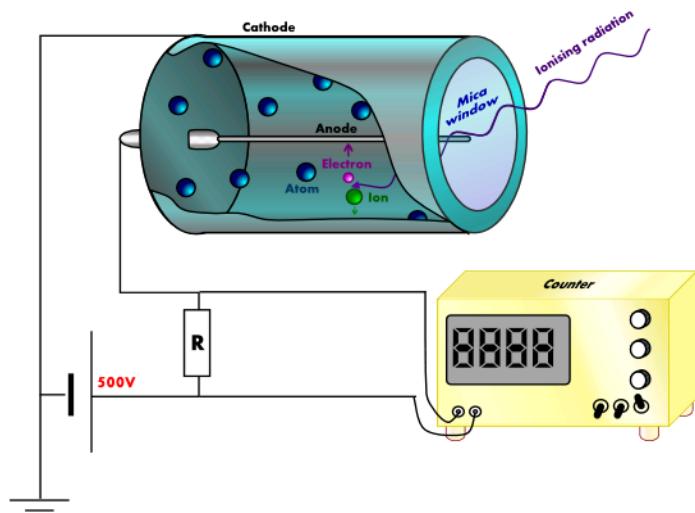
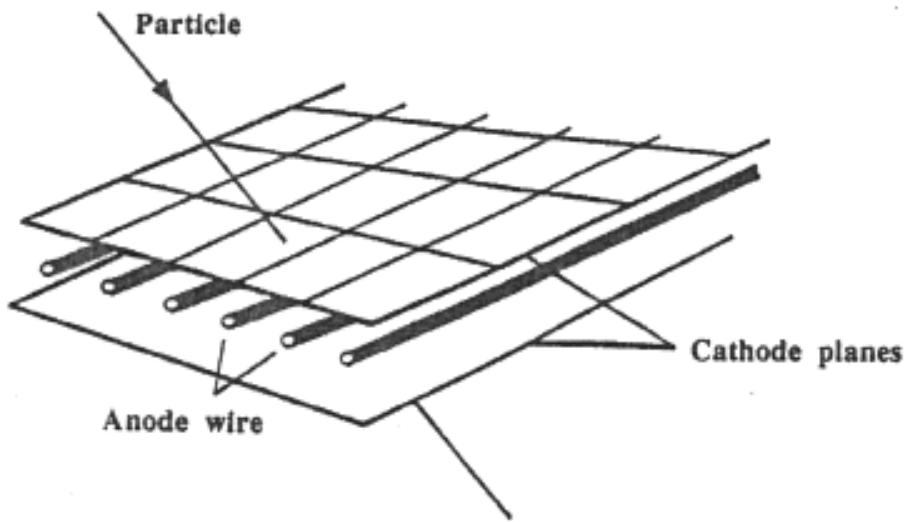


Virtuali ekskursija į mokslines
mikropasaulį tiriančias
laboratorijas.

Geigerio skaitliukas (1908 m.)

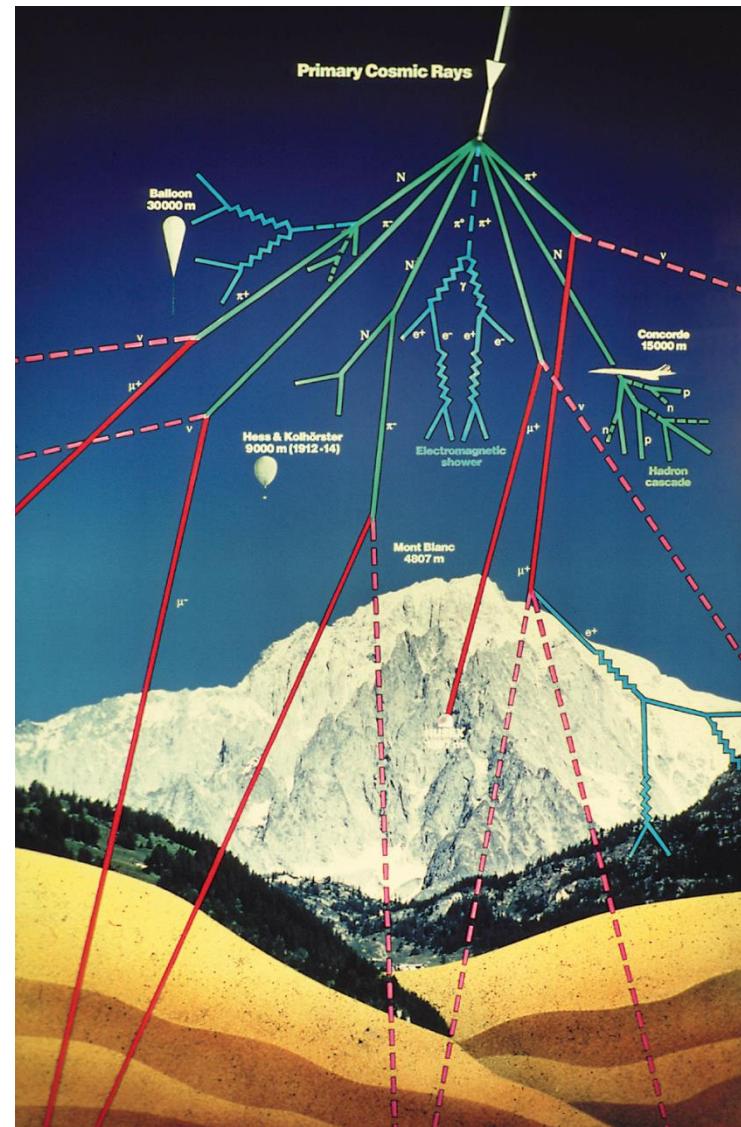
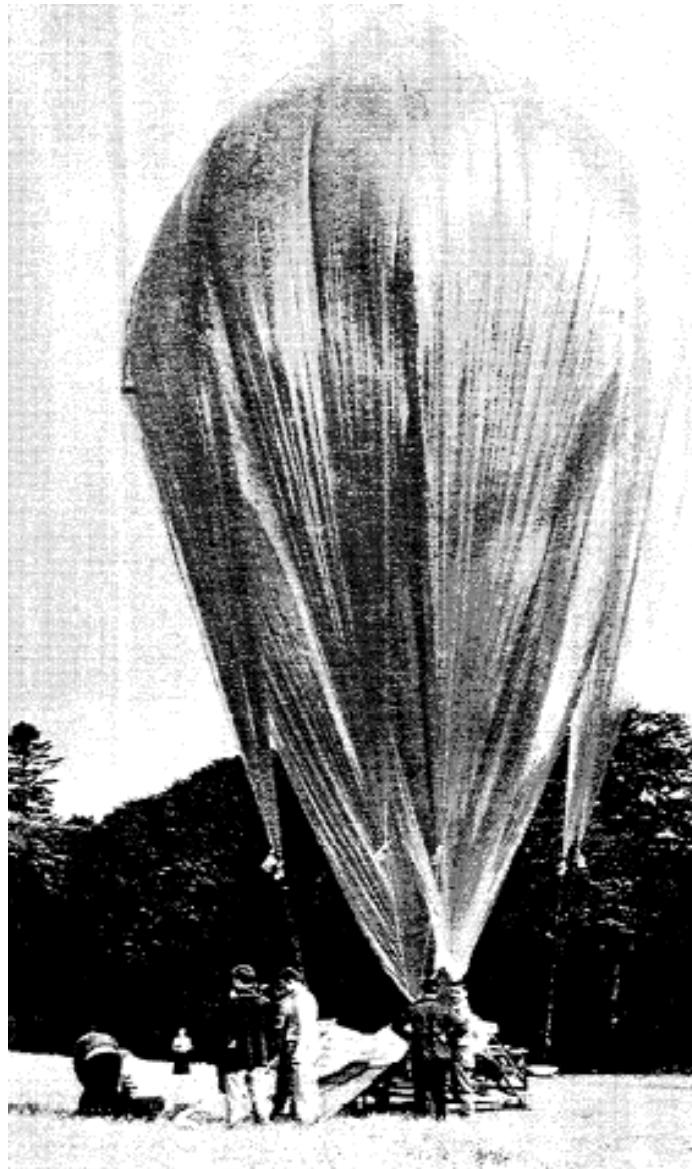


Akad. K.Baršauskas



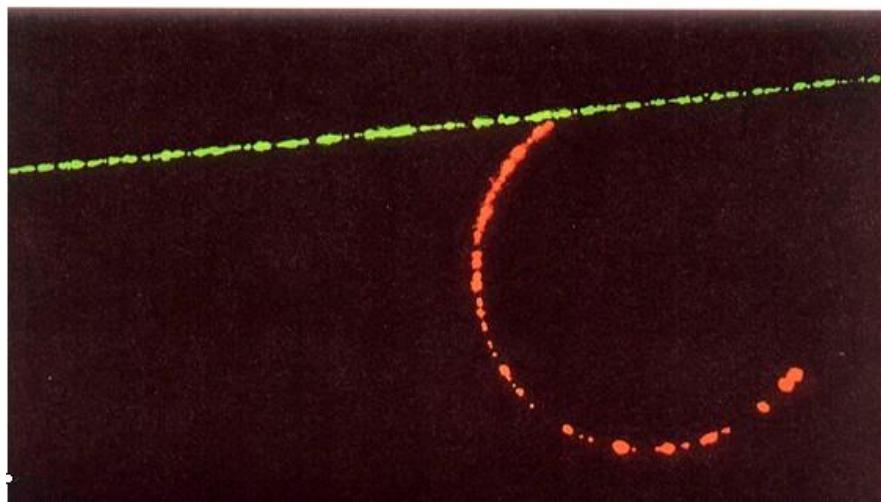
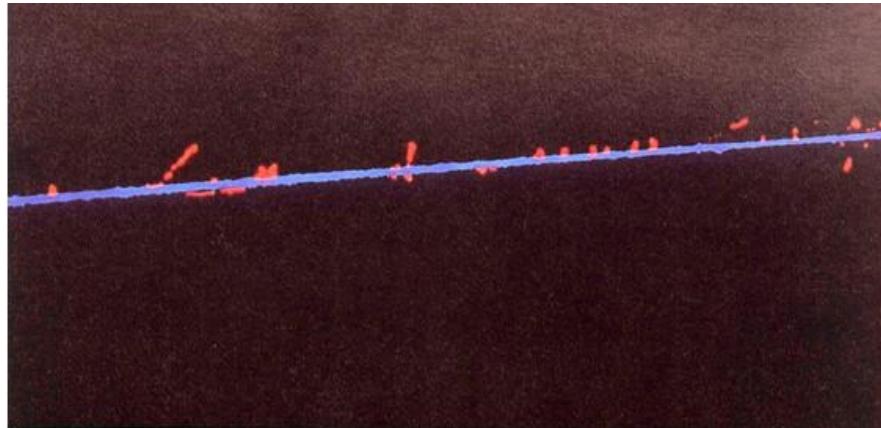
Daugiaviečė kamera G.Chipack Nobelio premija, 1992.

Kosminių spindulių tyrimas

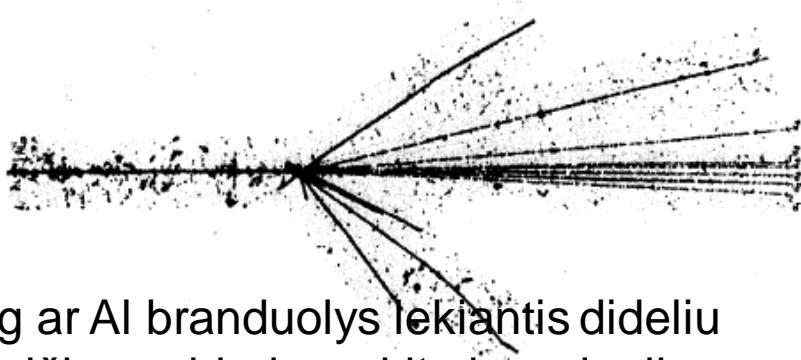


Fotoplokštelių emulsijos

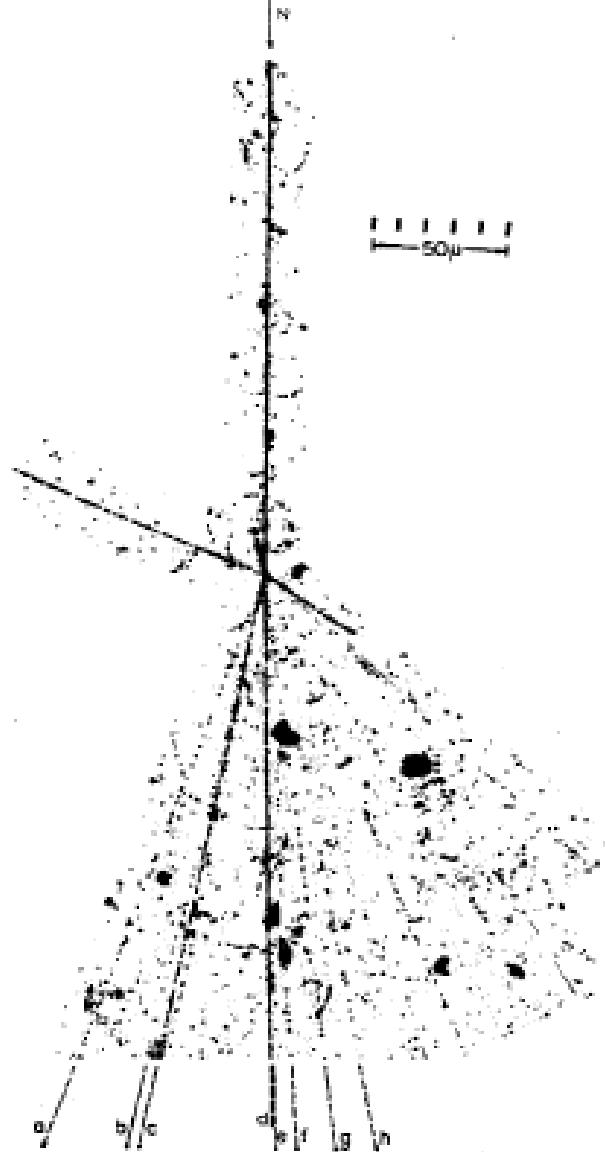
(C.F.Powell Nobelio premija 1950 m.)



Pėdsakai fotoemusijoje

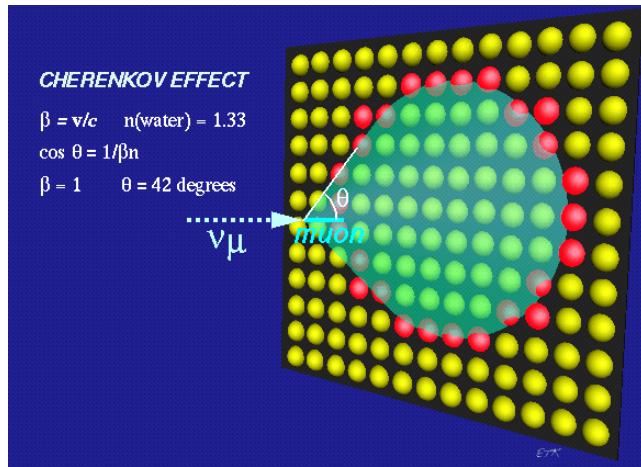


Mg ar Al branduolys lekiantis dideliu greičiu susiduria su kitu branduoliu emulsijoje. Atlékės branduolys suskilo į 6 alfa dalele, o užkliudytį branduolai paliko kitus pėdsakus.



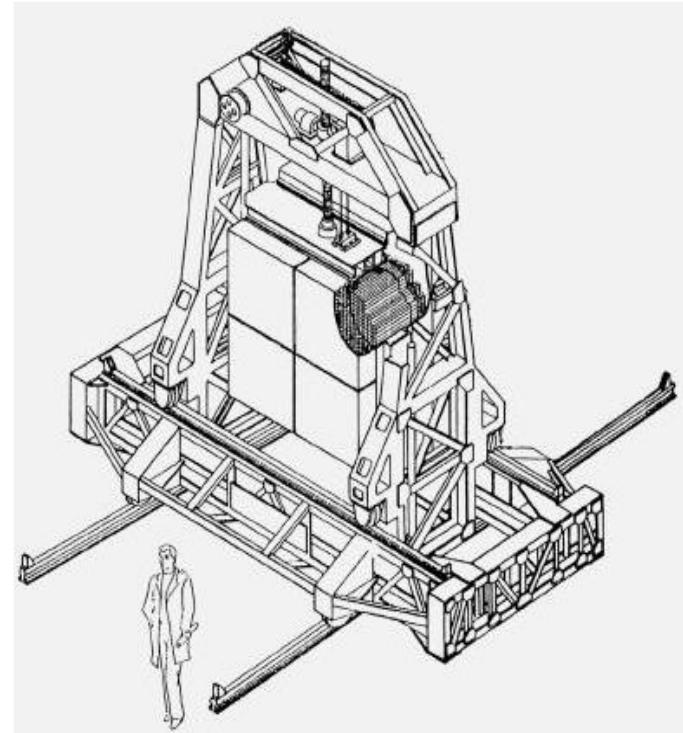
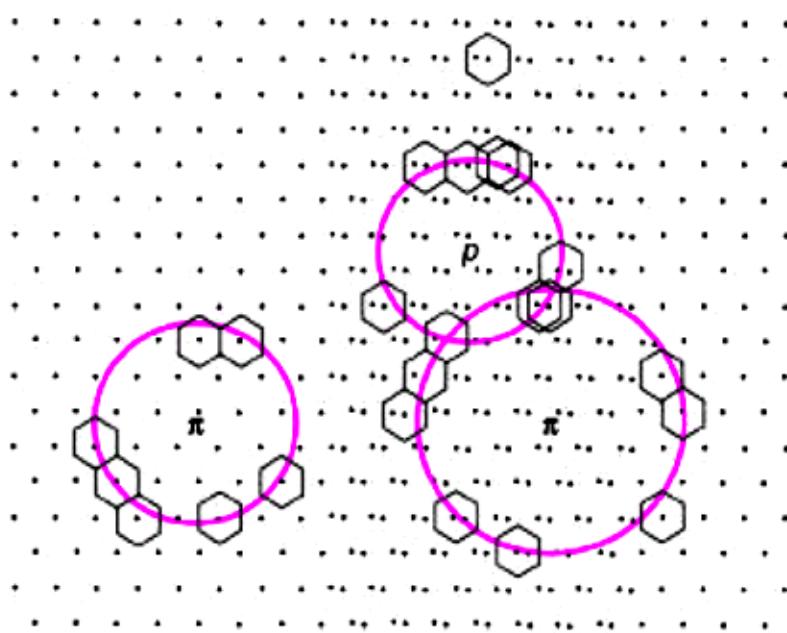
Kosminis N branduolys susidūrės su branduoliu emulsijoje suskyla į Li, D ir keletą protonų, atsiranda ir π –mezonai.

Čerenkovo spinduliutė



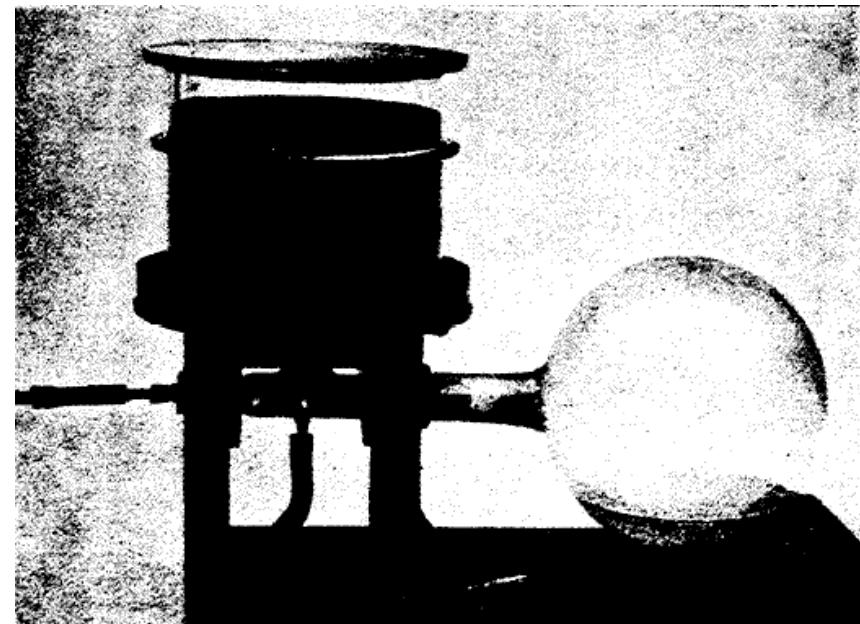
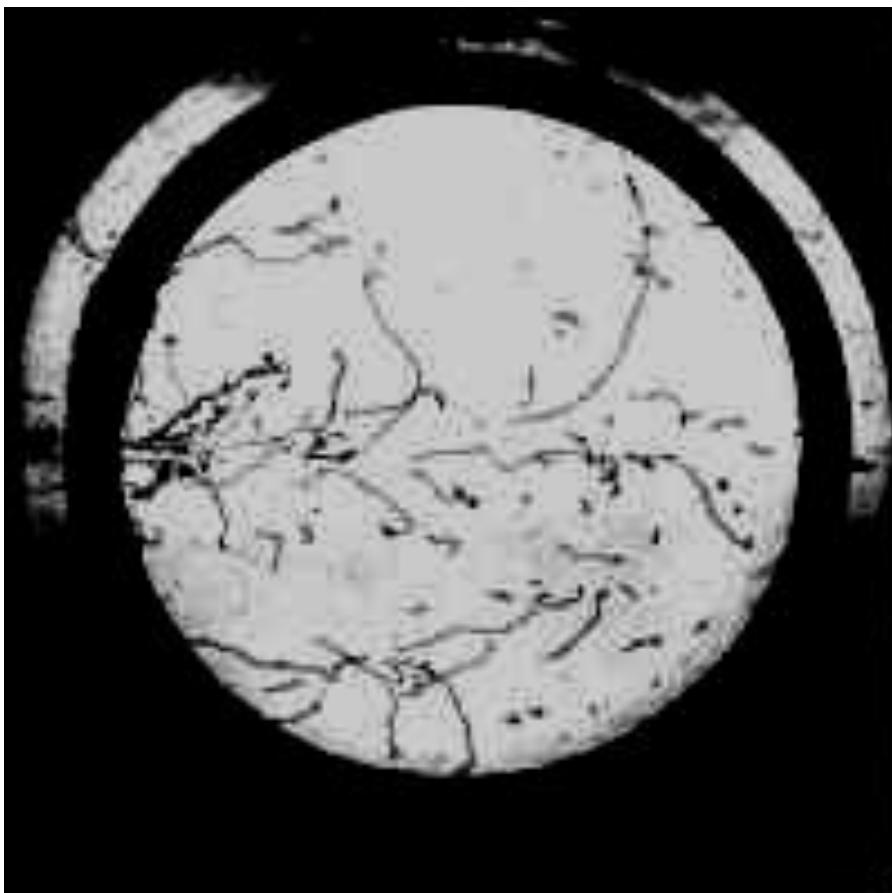
Čerenkovo spinduliutės
detektoriai (Nobelio premija
1958 m.)

Didelių energijų fizikai:



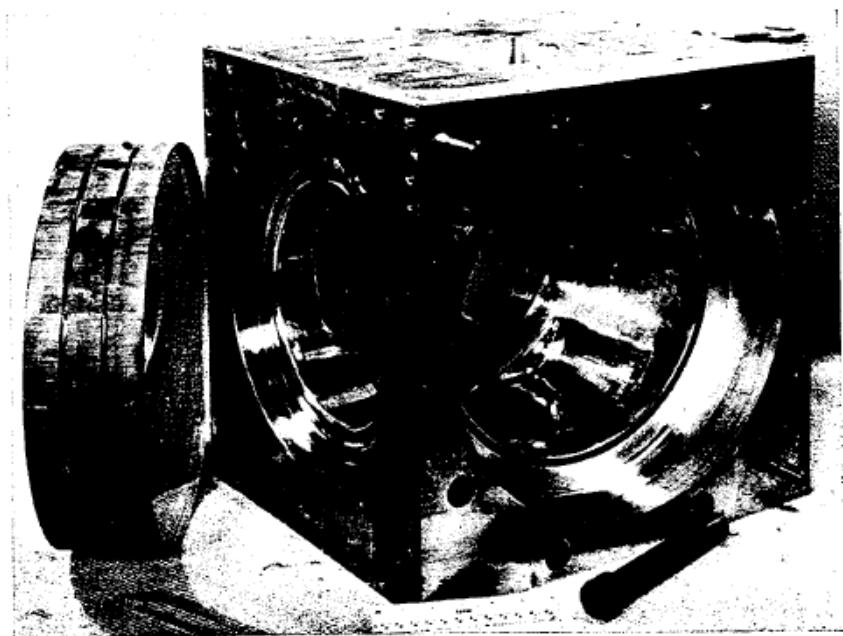
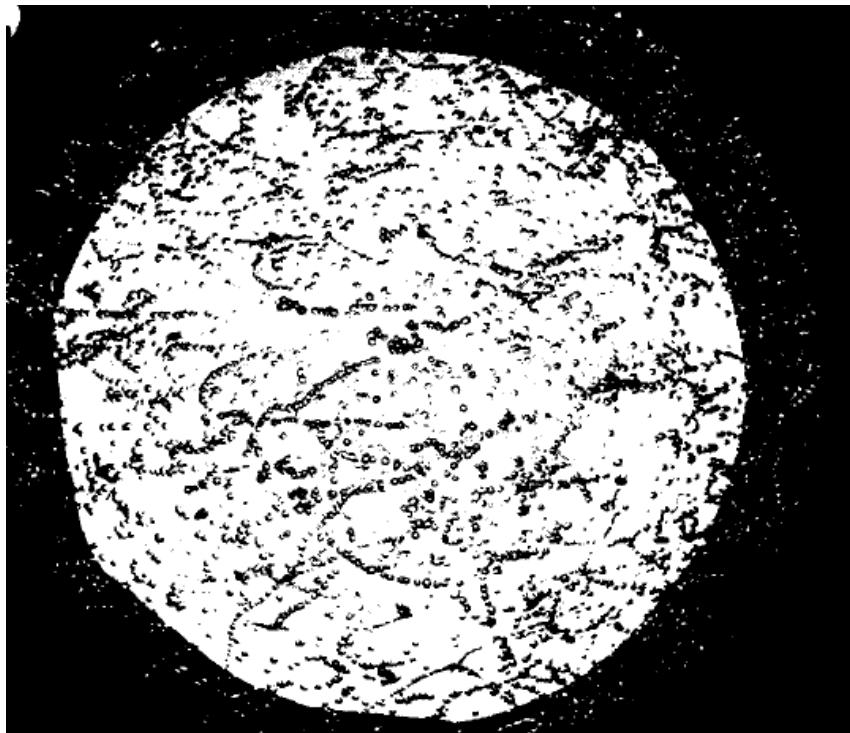
Peršaldytų garų (Vilsono) kamera

C.T.R Wilson Nobelio premija 1927 m., P.M.S. Blackett,
Nobelio premija 1936 m.

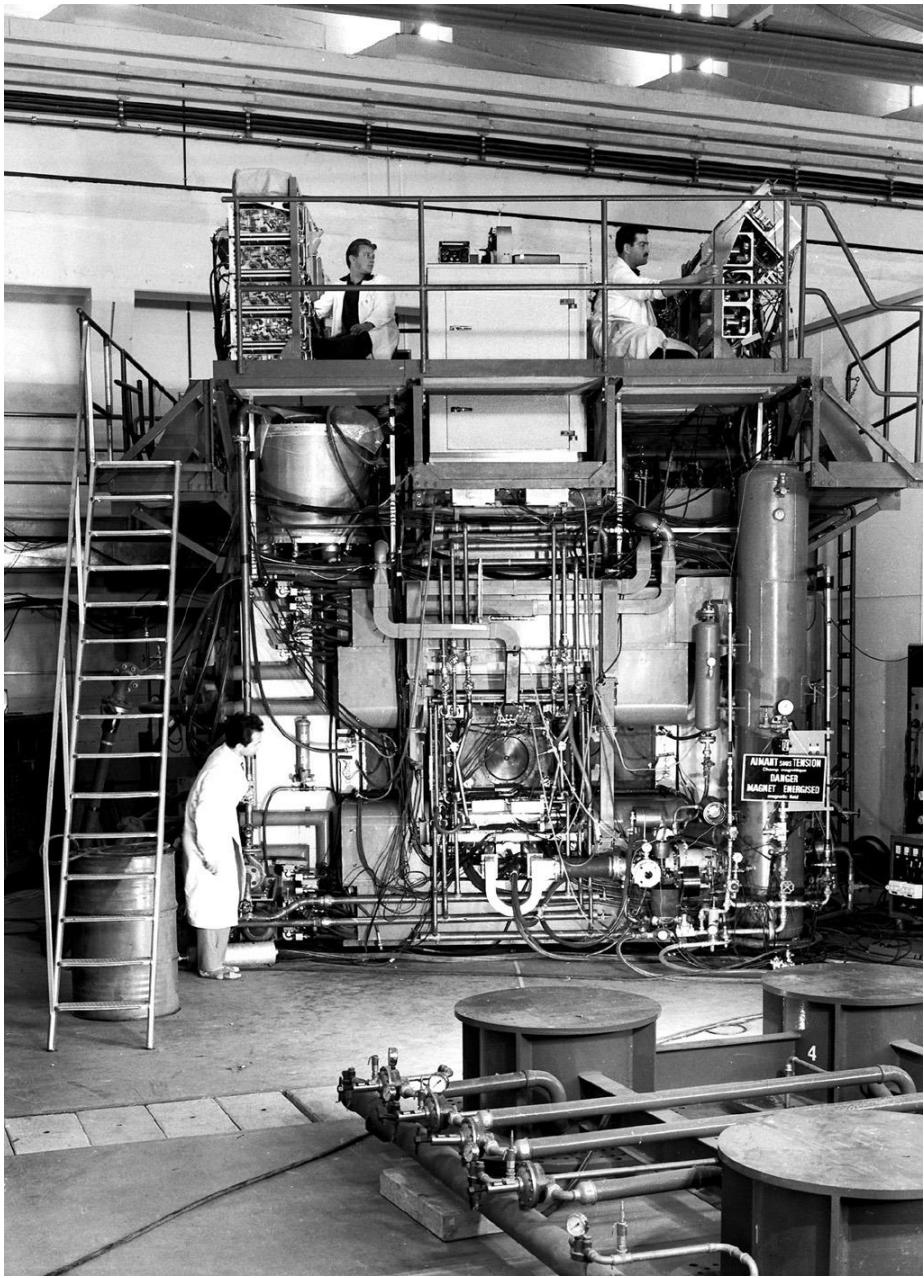


Perkaitinto skysčio kameros

D.A.Glaser, Nobelio premija 1960 m., L.W. Alvarez Nobelio premija 1968 m.



The stripped aluminum body and test window for 21-liter, 30-cm xenon bubble chamber.

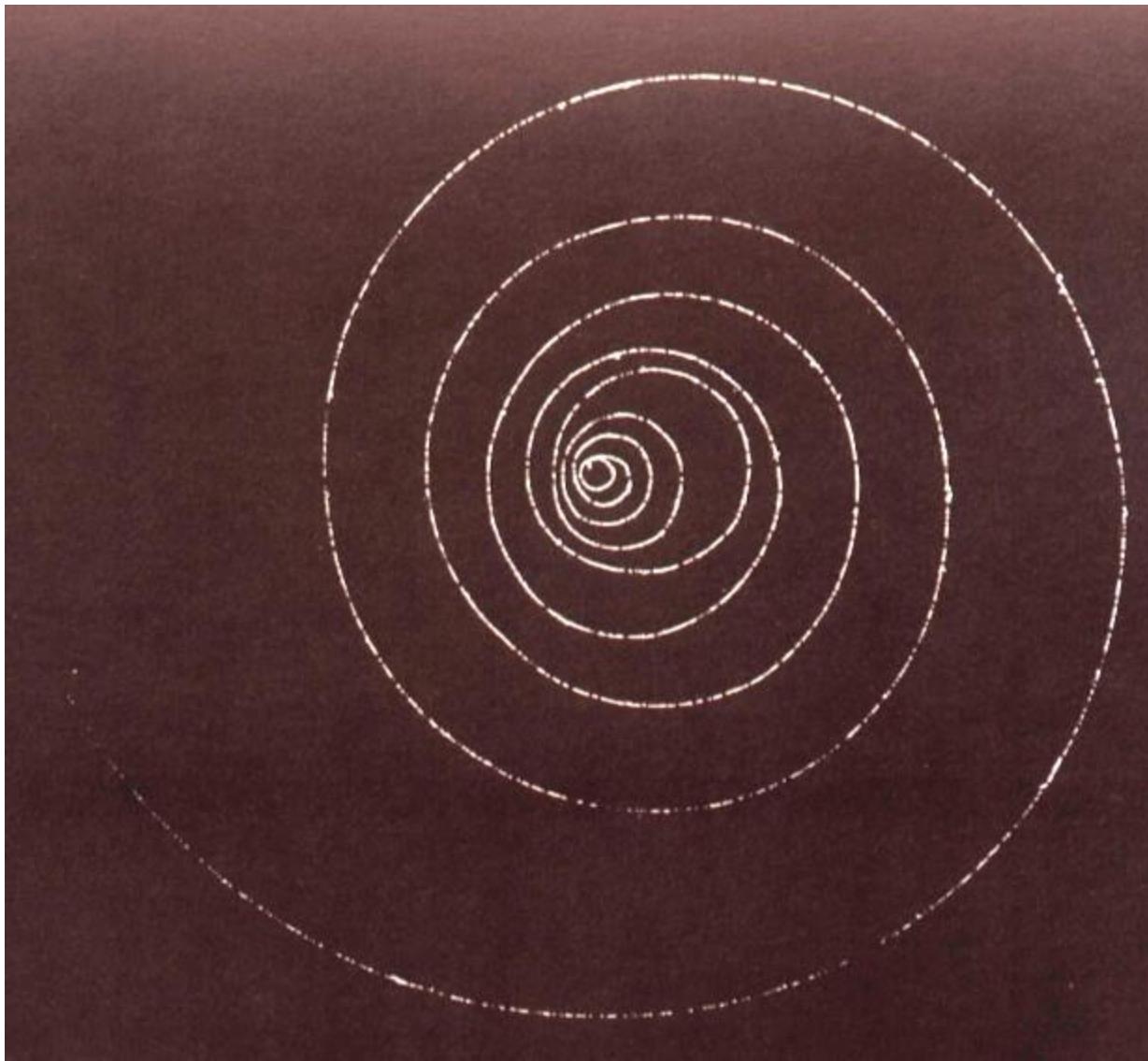


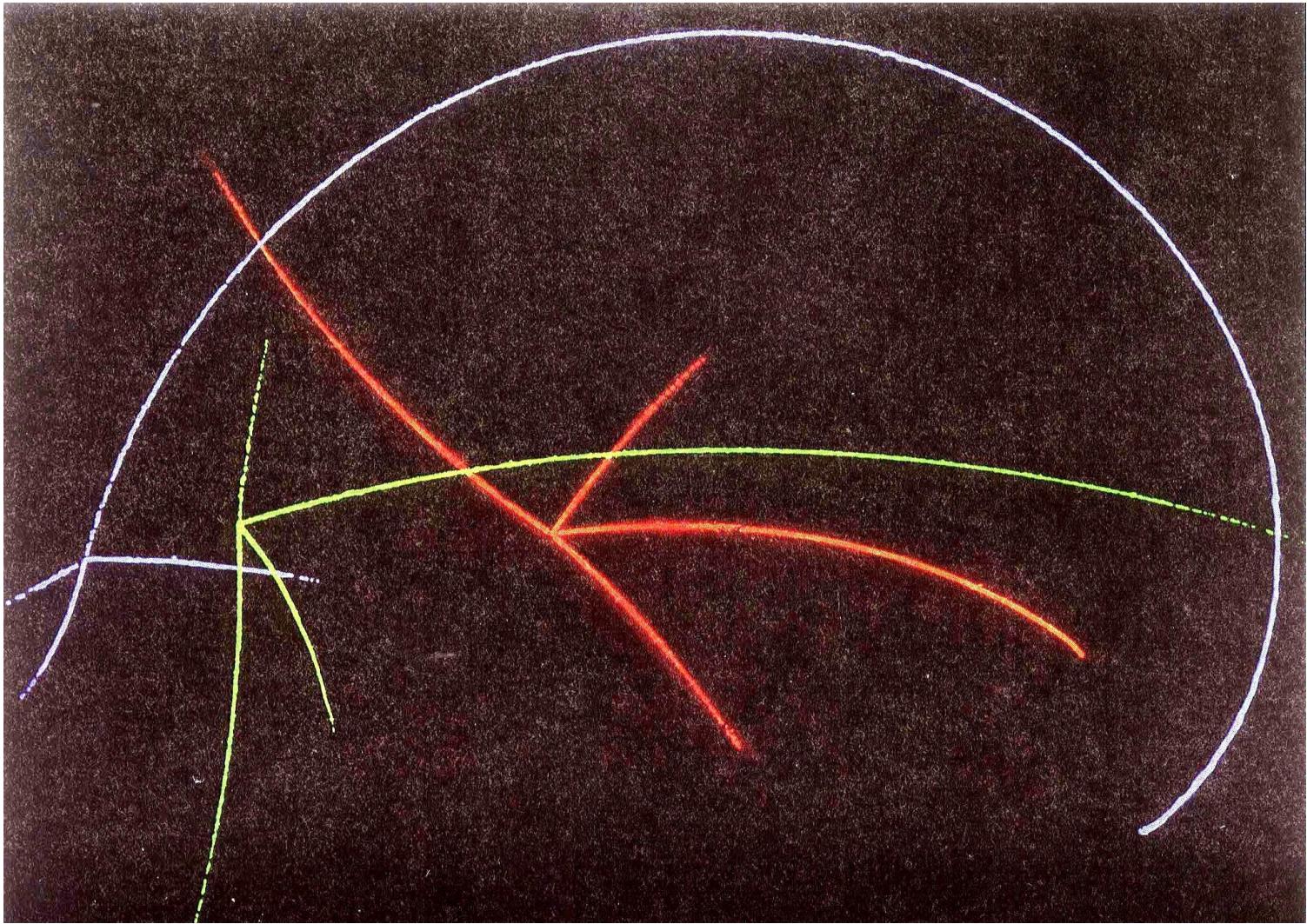
Burbuliukų kamera



Tačiau ir toliau eilėje eksperimentų burbuliukų (bei fotoplokštelių) metodas yra naudojamas, tik jis yra sujungtas su moderniomis fotografinėmis sistemomis leidžiančiomis registratorių pėdsako kitimą laike.

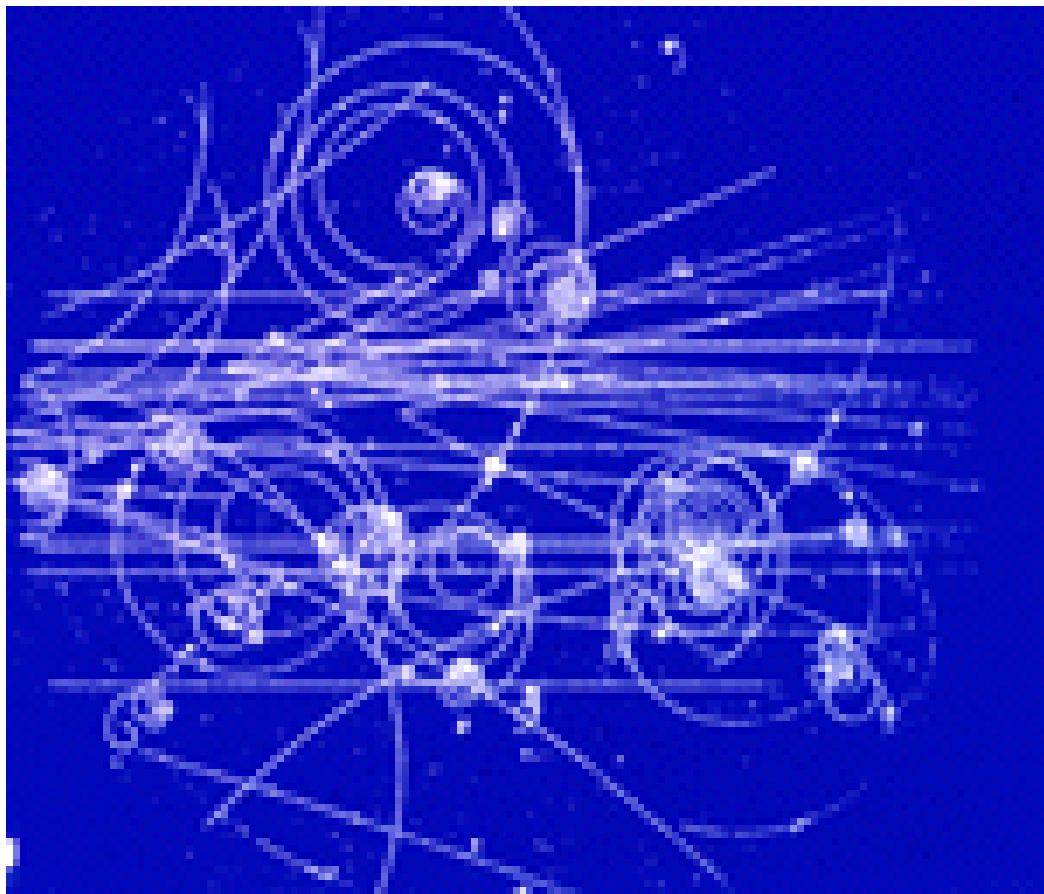
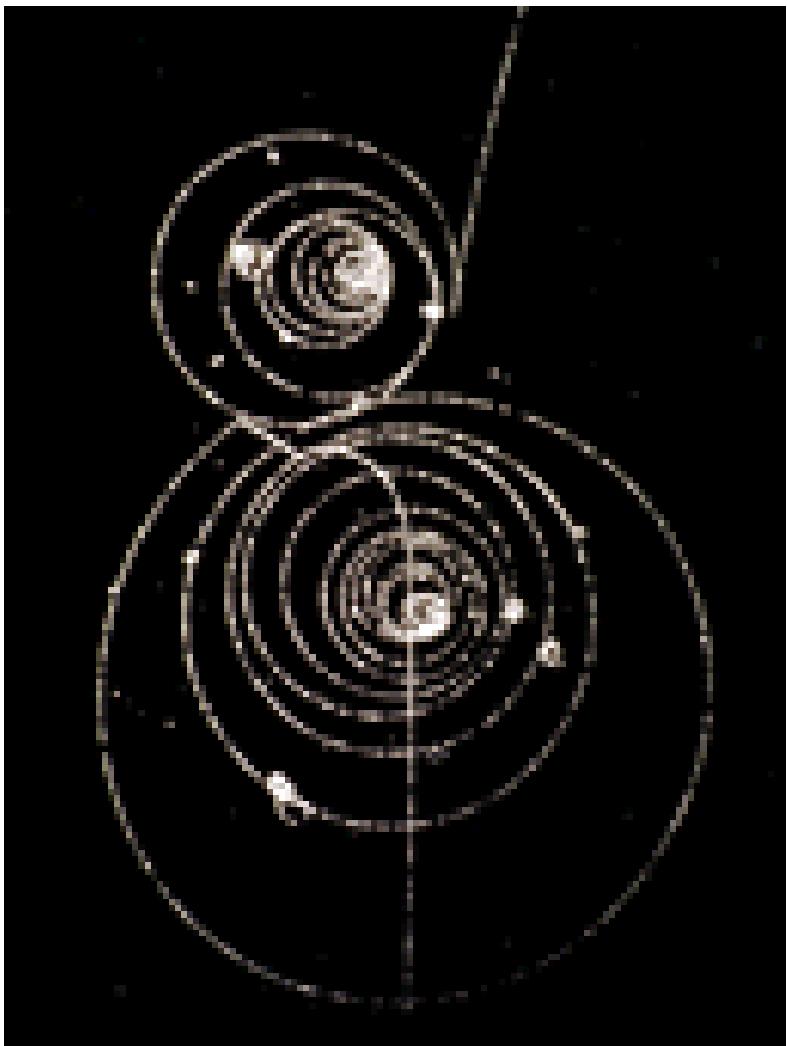
ELEKTRONAS





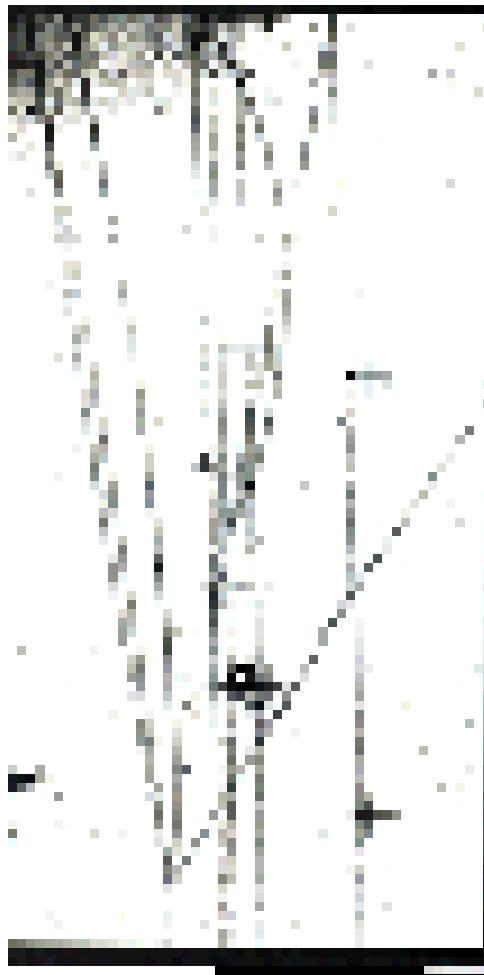
- Neutrono pagavimas deguonies ar anglies branduoliu pėdsakai

Pédsakai

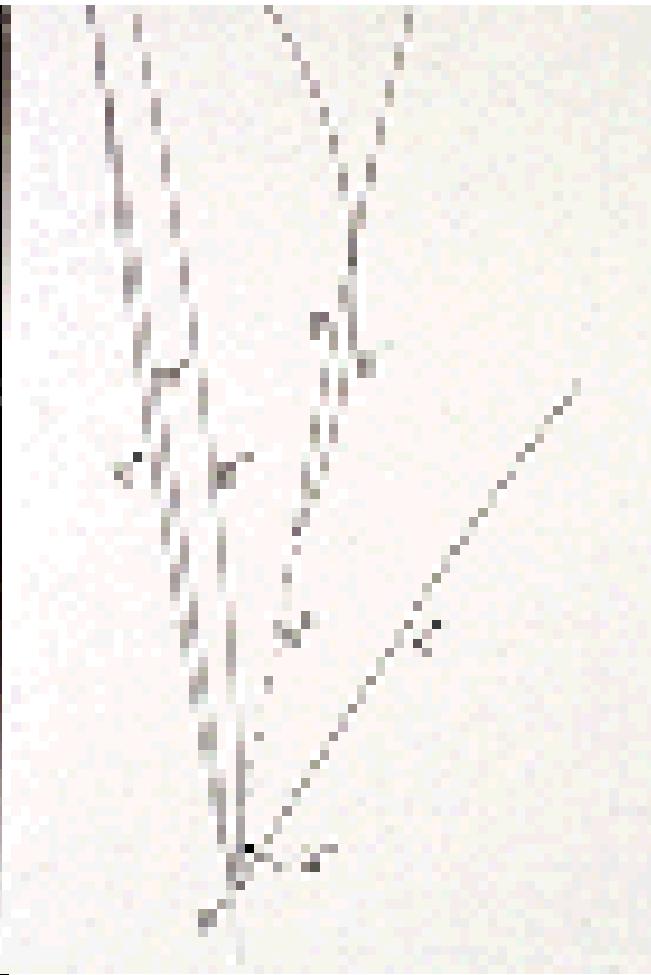


Pédsakai

Eksperimentas



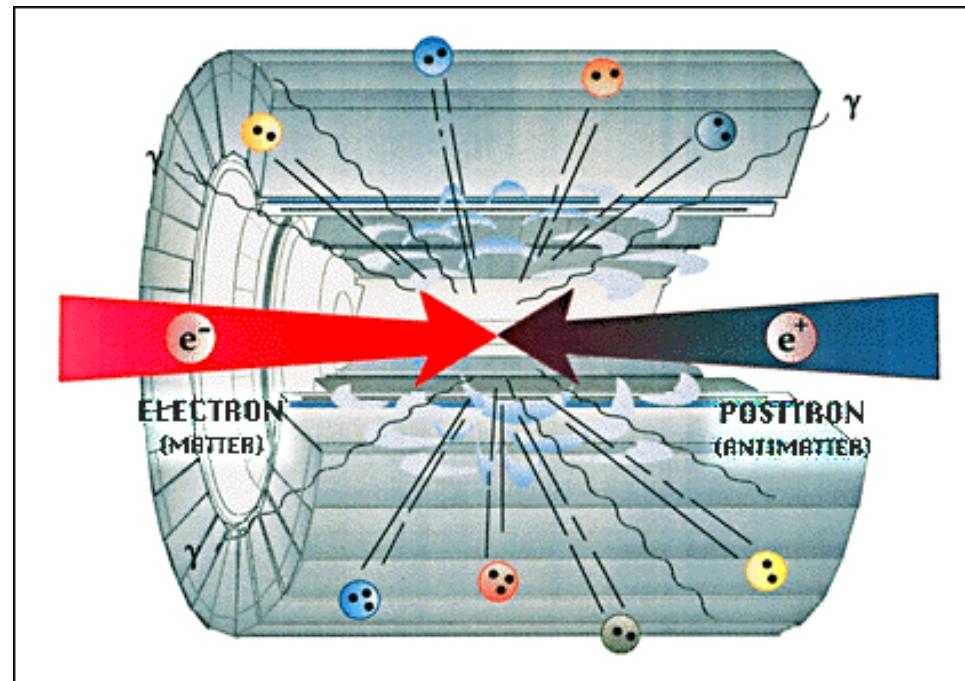
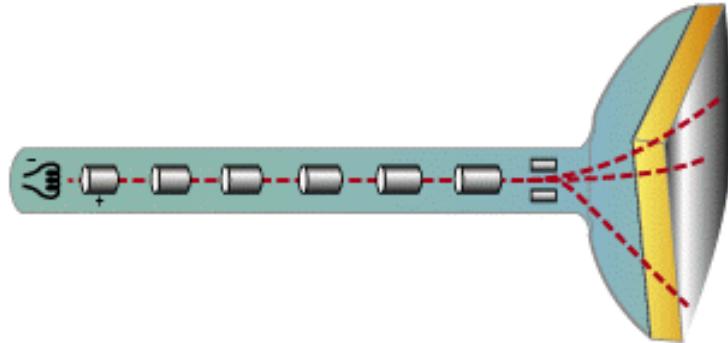
Teorija



Eksperimentai greitintuvuose

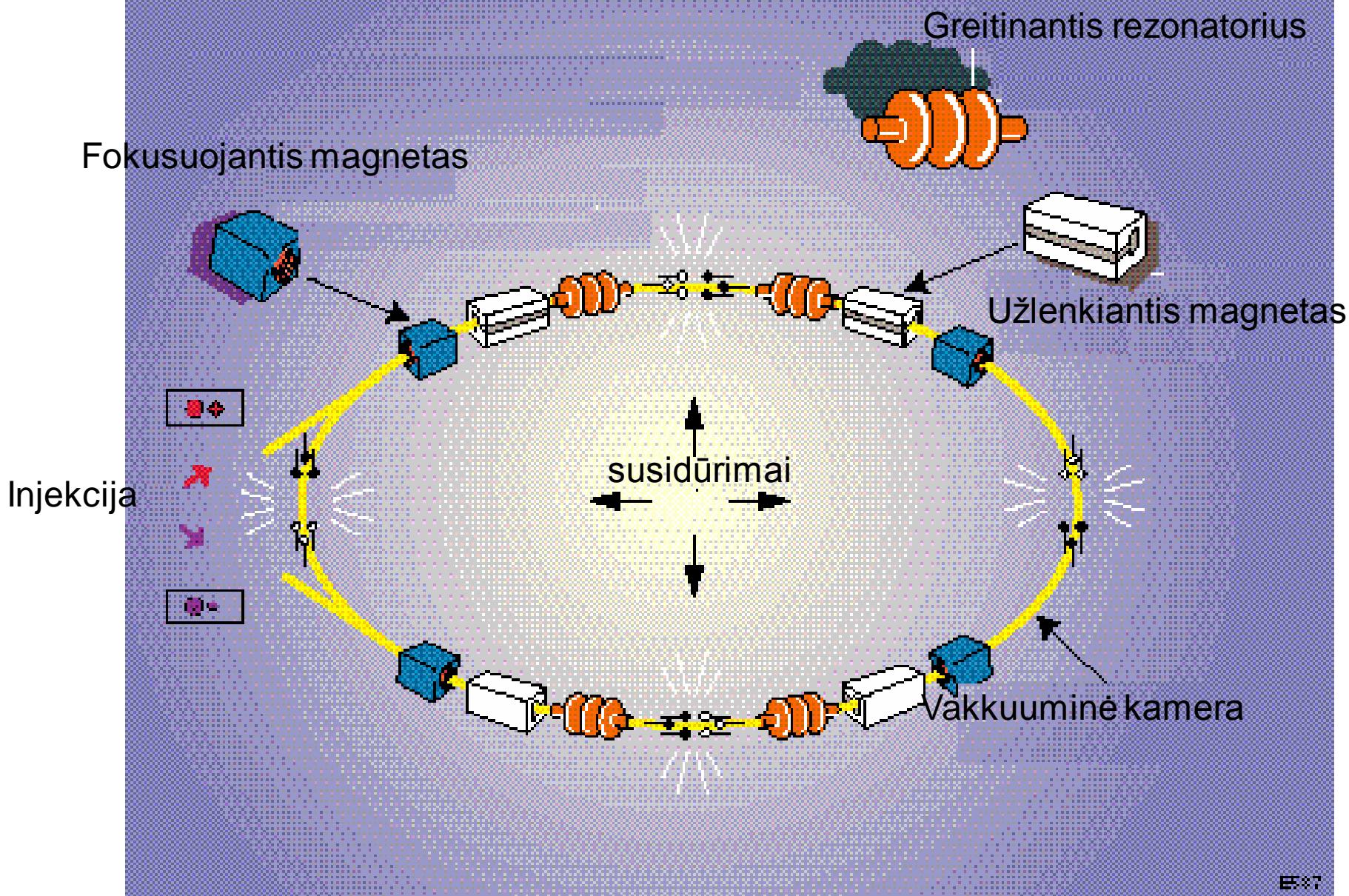
Materijos tyrimas labai mažuose atstumuose reikalauja super-mikroskopų ir labai didelių energijų

Dideli greitintuvai pagrįsti tais pačiais principais kaip ir TV



Dalelių pluoštai valdomi elektriniais ir magnetiniais laukais

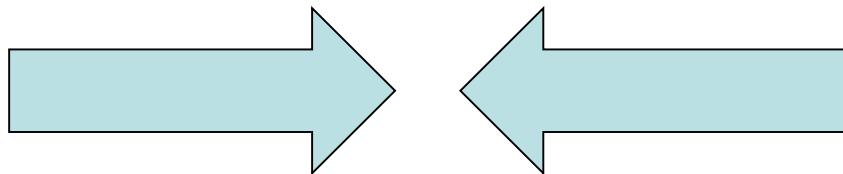
Greitintuvai



The Large Hadron Collider (LHC)

Proton- Proton Collider

7 TeV + 7 TeV



- Primary targets:**
- Origin of mass
 - Nature of Dark Matter
 - Primordial Plasma
 - Matter vs Antimatter

Didysis hadronų kolaideris (LHC),

Didžiojo hadronų kolaiderio konstravimui svarbiausias tikslas buvo pagauti Higso bozoną, (I): kuris paaiškina, kodėl kūnai turi masę!

Prisimintas Aristotelio teiginys, kad kūno judėjimo greitis atvirkščiai proporcingas jo masei (jei veikia ta pati varomoji jėga, o aplinka trukdo judėti).



Didysis hadronų kolaideris (LHC),

- Gilinimasis į pasaulio pažinimą atskleidžia naujas problemas, kyla klausimai (**II**):
 - Astronomai tiriantys galaktikas, jų sukimąsi ir jų, kaip gravitacinių lėšių savybes, nustatė, kad tikroji jų masė yra ženkliai didesnė už tą, kurią turi matomos žvaigždės, ūkai ir kt. objektai;
 - Elementariujų dalelių tyrėjai mano, kad gali egzistuoti dalelės, kurios nesąveikauja su elektromagnetinėmis bangomis (t.y., teleskopais nematomos).
 - Gal šios abi idėjos ir paaiškina viena kitą: galaktikos yra užpildytos **supersimetrinėmis dalelėmis**.

Teoriškai numatyta, bus ieškoma eksperimente, kai energija bus $> 5 \text{ TeV}$

Didysis hadronų kolaideris (LHC),

- Gilinimasis į pasaulio pažinimą atskleidžia naujas problemas, kyla klausimai (**III**):
 - Astronomai nustatė, kad galaktikos išsilaksto.
 - Kosmologai kuria Visatos Didžiojo sprogimo teorijas: sukant istorijos ratą atgal gauname, kad visa materija kažkada (~13-14 mlrd metų atgal) buvo viename daikte:
 - Kokios buvo tos medžiagos savybės?
 - Visatos pradžioje medžiagos ir antimedžiagos buvo tiek pat. Dabar liko tik medžiaga. Kodėl?

Kodėl skiriasi medžiagos ir antimedžiagos savybės?

P.Dirakas numatė:

 turi egzistuoti antimedžiaga – ta pati masė,
 priešingos elektrinės savybės, ...

Atrastos kosminiuose spinduliuose,
Kuriamos greitintuvuose dalelių

...
...

Medžiagos ir antimedžiagos savybės nėra tiksliai priešingos: KODĖL?

Kodėl visata sudaryta iš medžiagos, nėra antimedžiagos?

LHC(b) eksperimentas ieškos atsakymų.



Antimedžiaga CERN'e



After mixing cold clouds of trapped positrons and antiprotons - the antiparticles of the familiar electron and proton - under closely monitored conditions, the ATHENA collaboration has identified antihydrogen atoms, formed when positrons bind together with antiprotons.



The cost of antimatter

- The efficiency of antimatter production and storage is very low. About 1 billion times more energy is required to make antimatter than is finally contained in its mass. Using $E = mc^2$, we find that 1 gram of antimatter contains: $0.001 \text{ kg} \times (300,000,000 \text{ m/s})^2 = 90,000 \text{ GJ} = 25 \text{ million kWh}$
- Taking into account the low production efficiency, it would need 25 million billion kWh to make one single gram! Even at a discount price for electric power, this would cost more than a million billion Euros!

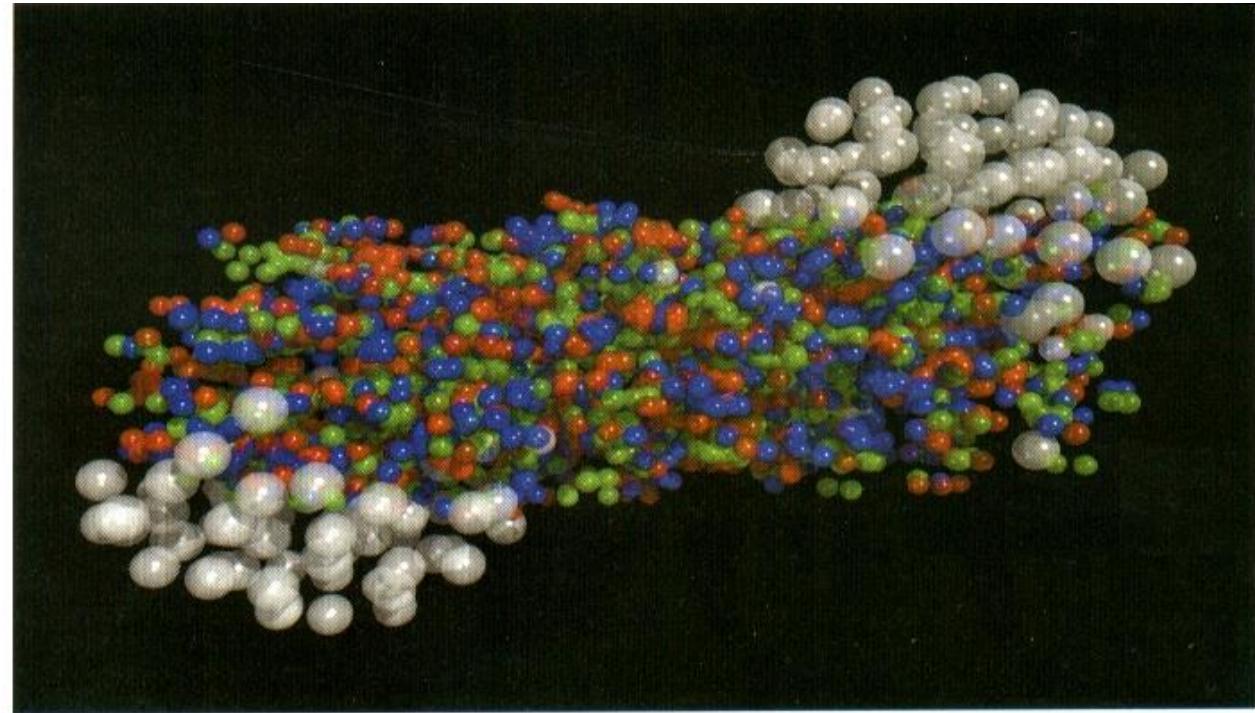
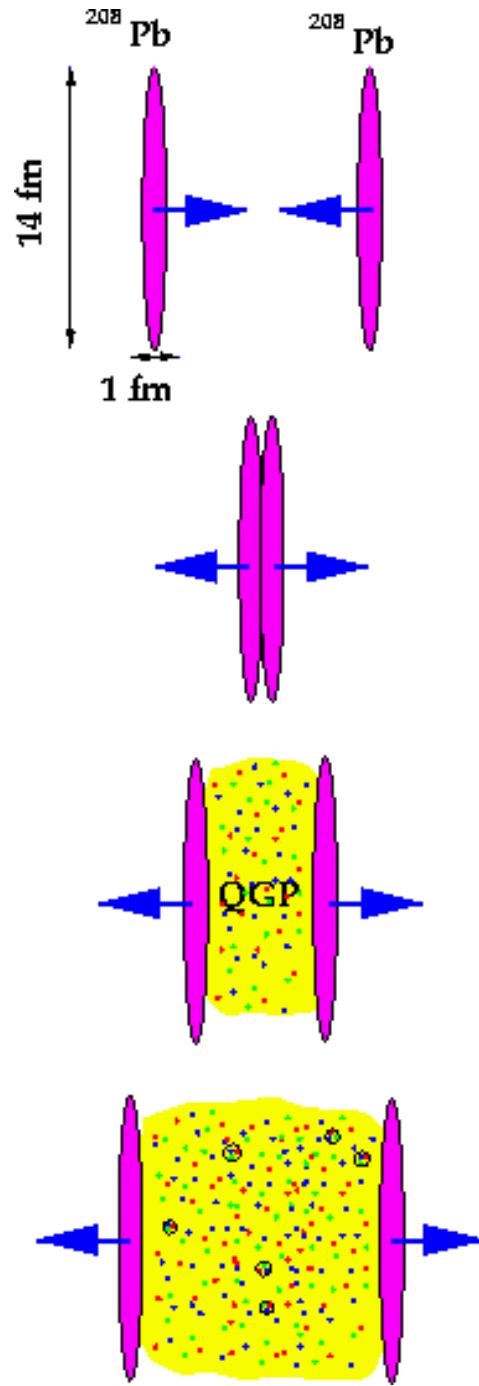
Antivandenilio atomai CERN'e



Didysis hadronų kolaideris (LHC),

- Gilinimasis į pasaulio pažinimą atskleidžia naujas problemas, kyla klausimai (**IV**):
 - Kokios yra kvarkų ir gliuonų (hadronus sudarančių dalelių) plazmos savybės?

ALICE (A Large Ion Colliding Experiment) —
Didelių jonų (Pb) susmogimo
eksperimentas

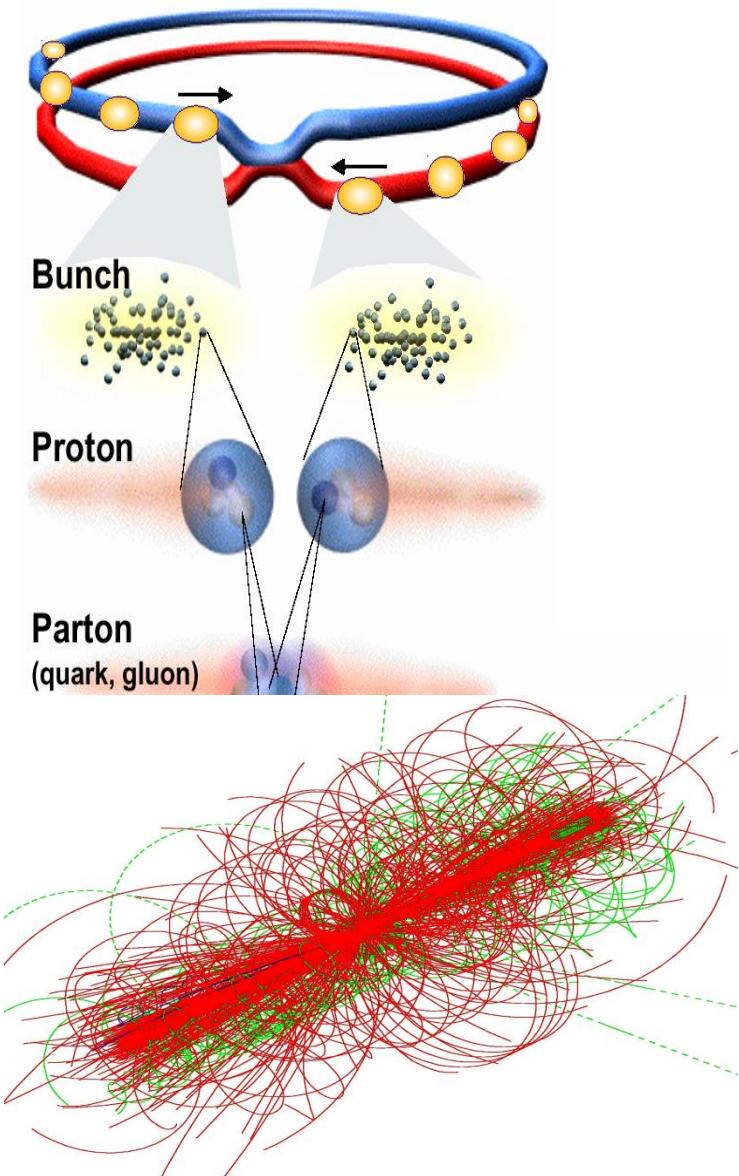


**First data on the quark-gluon
plasma reported at CERN**

Didysis hadronų kolaideris (LHC),

- Gilinimasis į pasaulio pažinimą atskleidžia naujas problemas, kyla klausimai (**IV**):
 - Norint į paminėtus klausimus atsakyti, reikia tirti daleles, kurios turi turėti milžinišką energiją.
 - O jei jų energija didelėja, tai dėl $E=mc^2$ jų masė turi didėti.
 - Kaip kinta dalelių forma ir vidinė sandara didėjant jų masei?
- Atsakyti į visus šiuos klausimus rengiasi **Didžiojo hadronų kolaiderio** eksperimentai

Large Hadron Collider LHC, start 2008



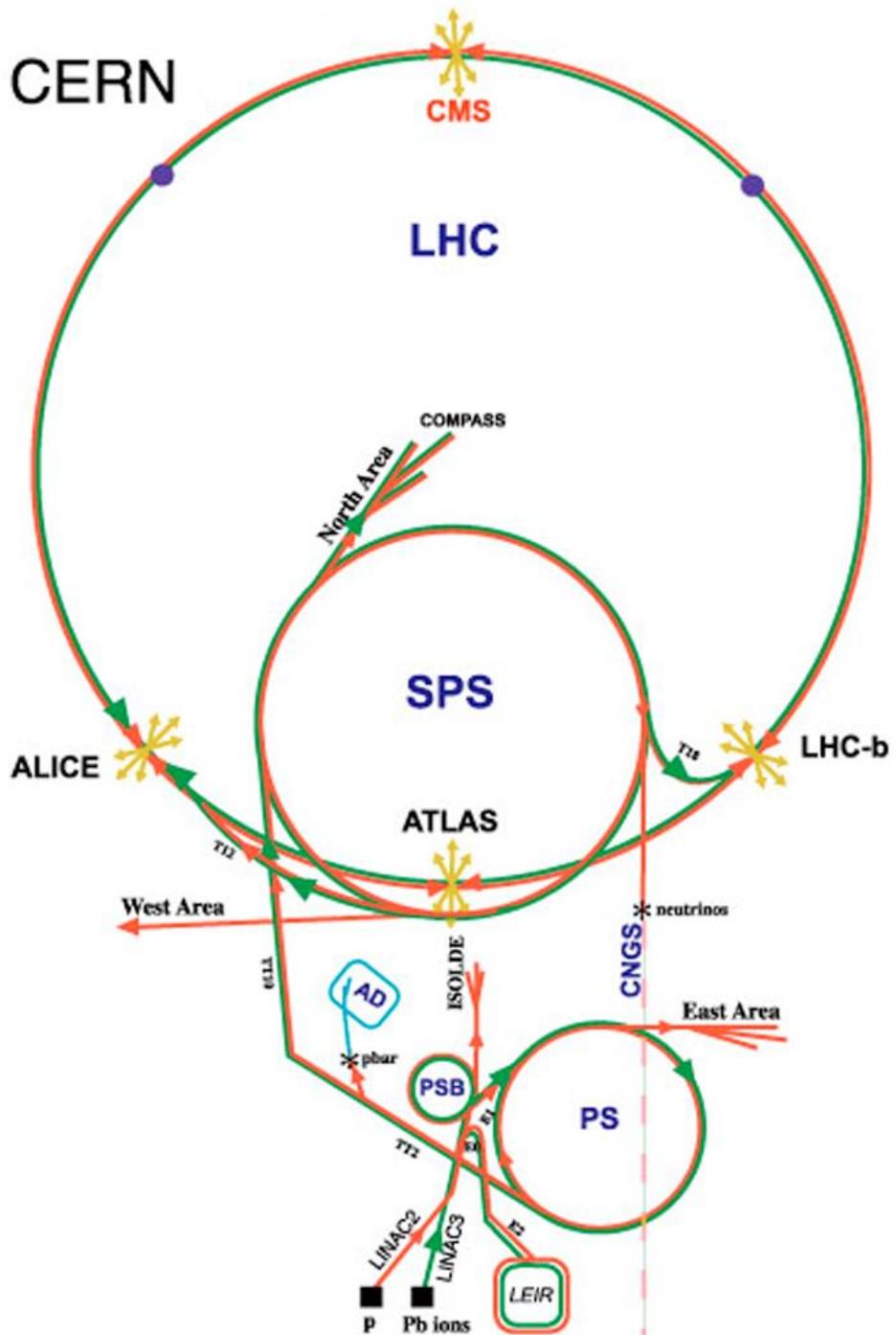
Proton-proton collider:

- **2 x 7 TeV**
 - **Luminosity: 10^{34}**
 - **Bunch crossing: every 25 nsec,
(i.e., rate: 40 MHz)**
- Event rate: $10^9/\text{sec}$ (23 interactions per bunch crossing)**
- Annual operational period: 10^7 sec
 - Expected total operational period: 10 years

Event Selection:

1 in 10,000,000,000,000

CERN

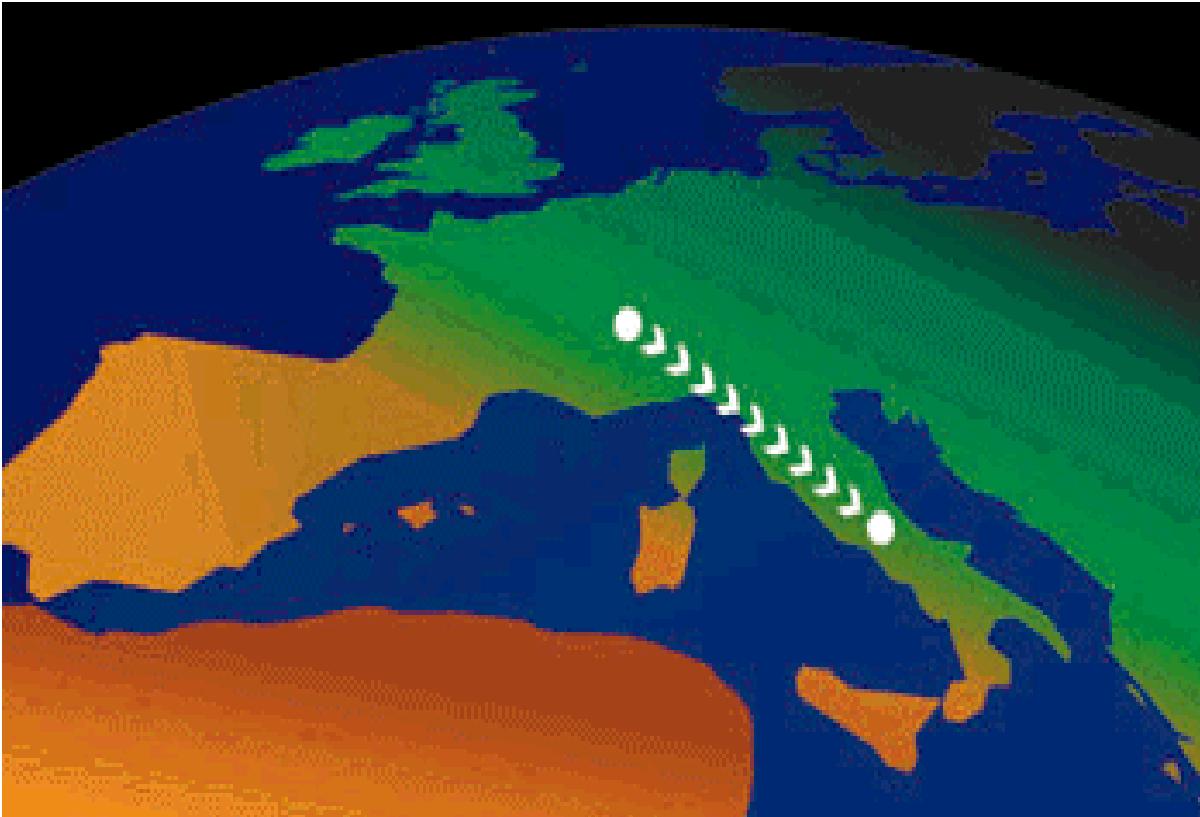


Greitintuvai

- protons
- antiprotons
- ions
- neutrinos to Gran Sasso (I)

- LHC: Large Hadron Collider
- SPS: Super Proton Synchrotron
- AD: Antiproton Decelerator
- ISOLDE: Isotope Separator OnLine DEvice
- PSB: Proton Synchrotron Booster
- PS: Proton Synchrotron
- LINAC: LINear ACcelerator
- LEIR: Low Energy Ion Ring
- CNGS: Cern Neutrinos to Gran Sasso

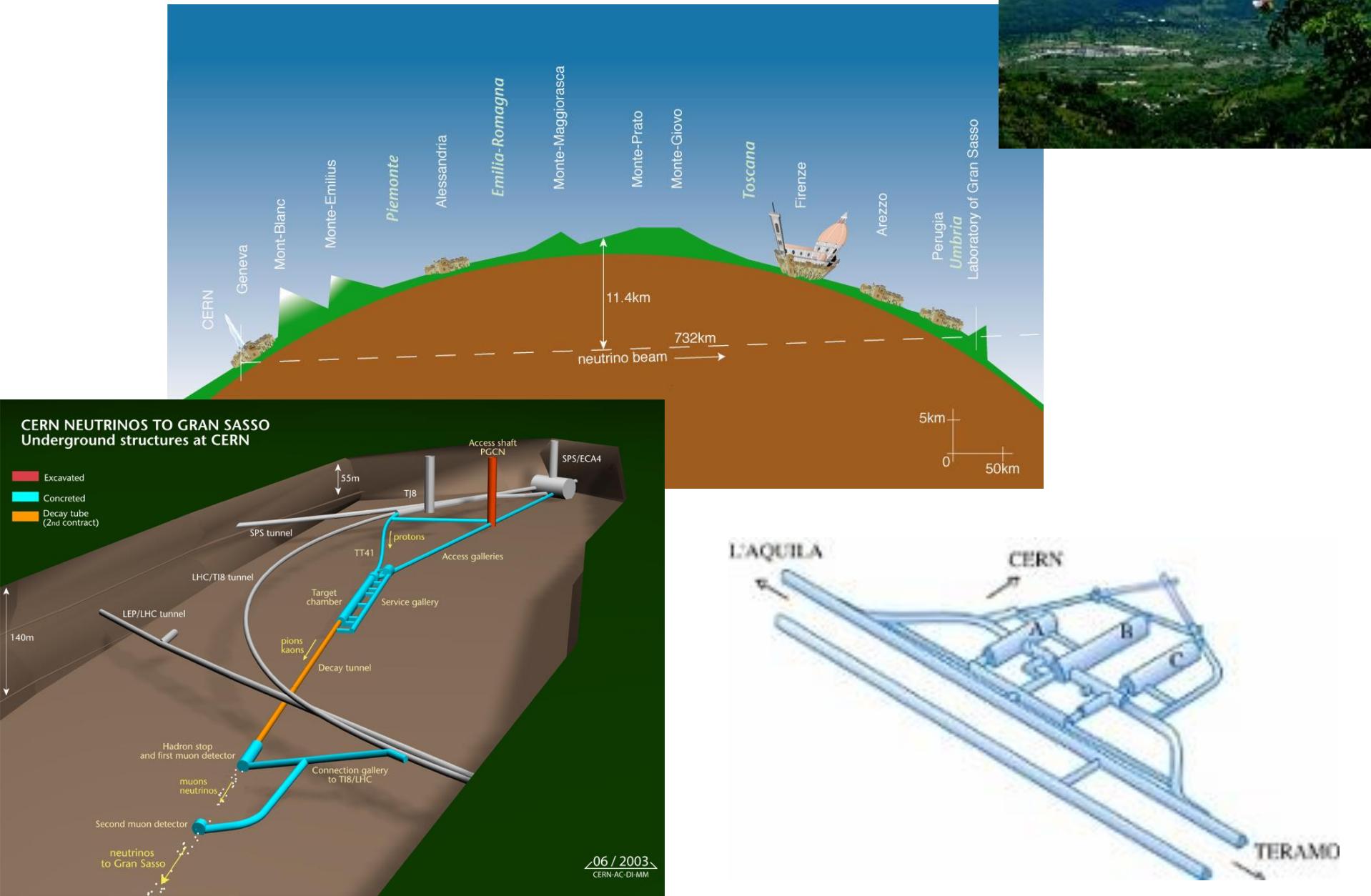
CERN'o neutrinų pluoštas link Gran Sasso



Statybos darbai baigt 2002

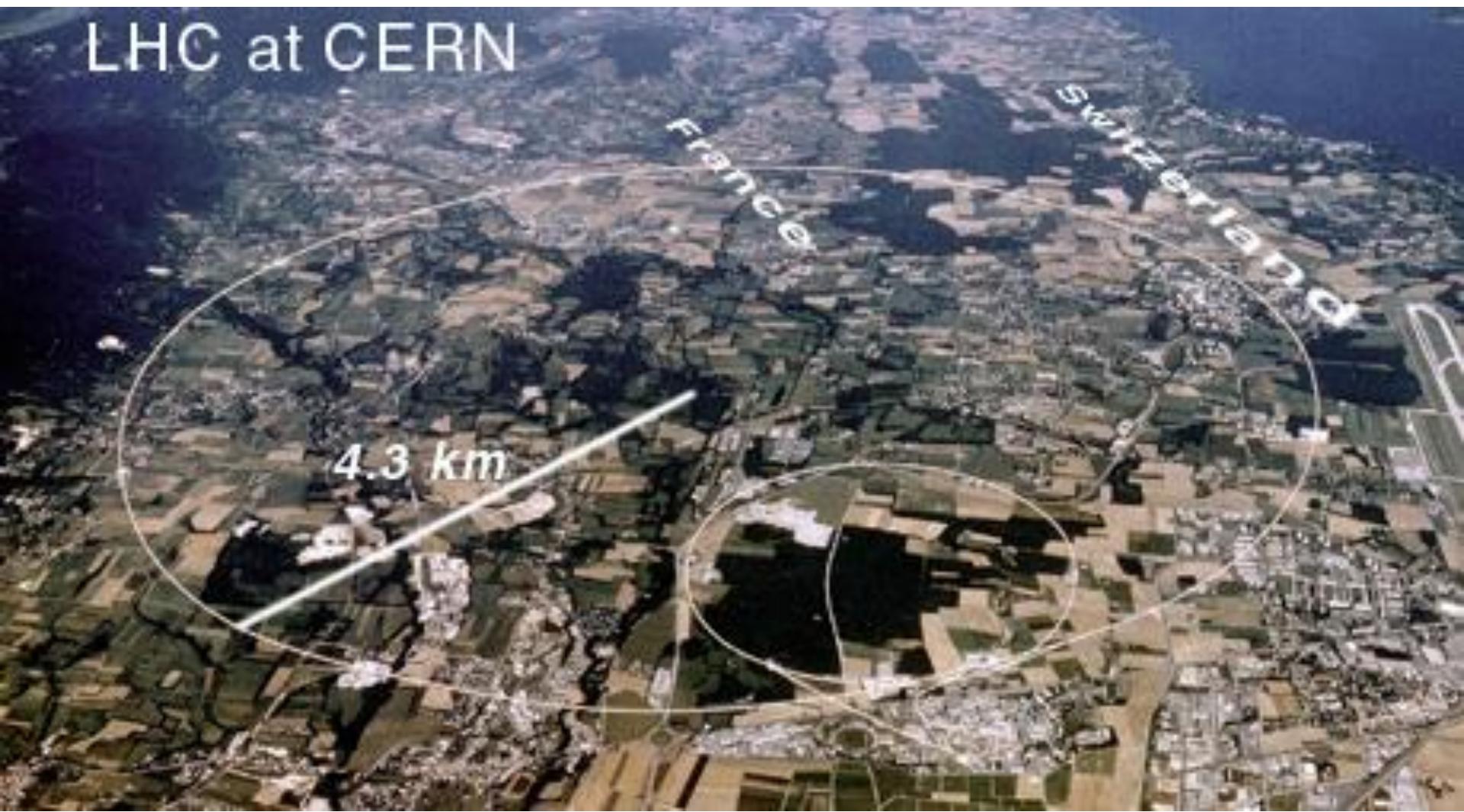
Eksperimentai: OPERA, ICARUS

Neutrinai link Italijos



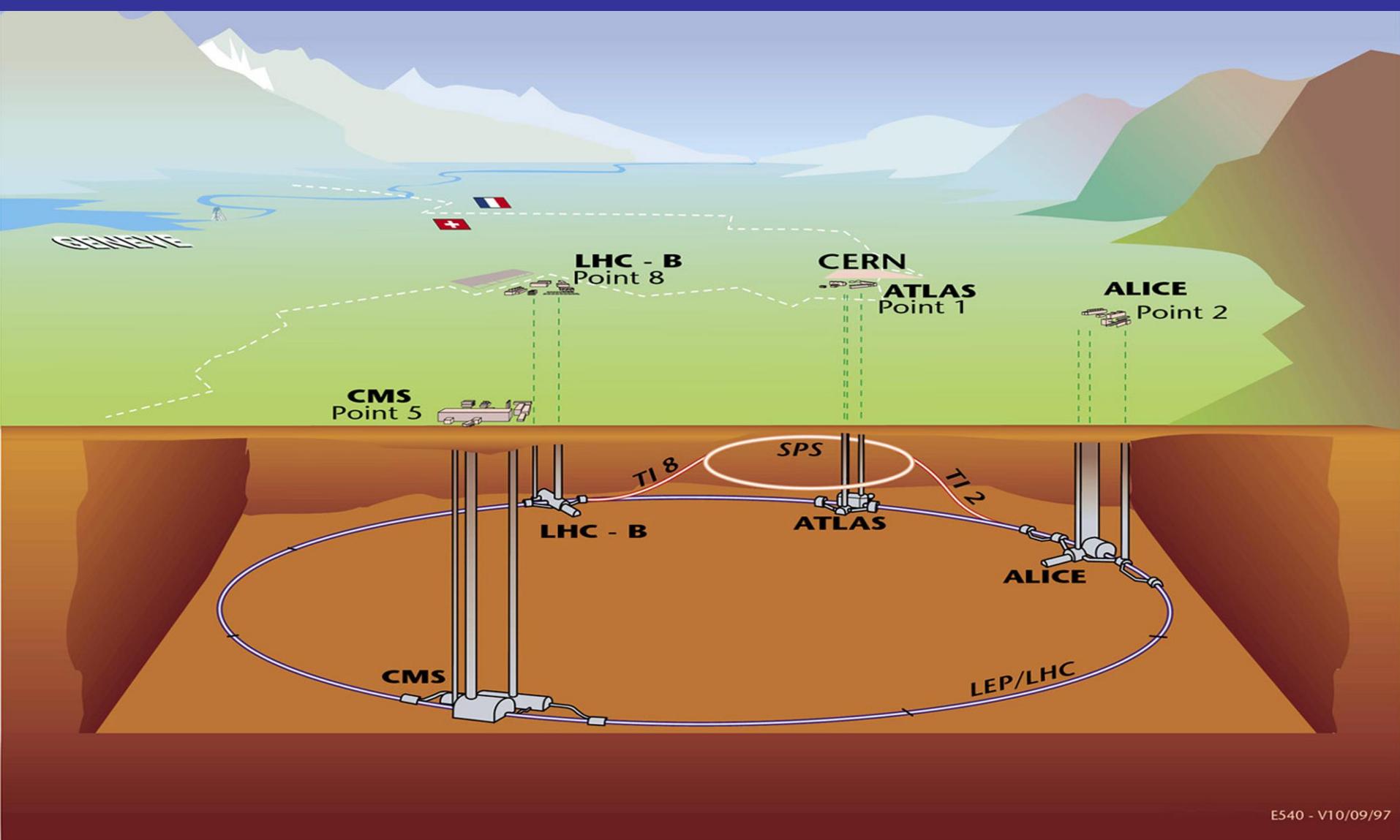
CERN'as

LHC at CERN



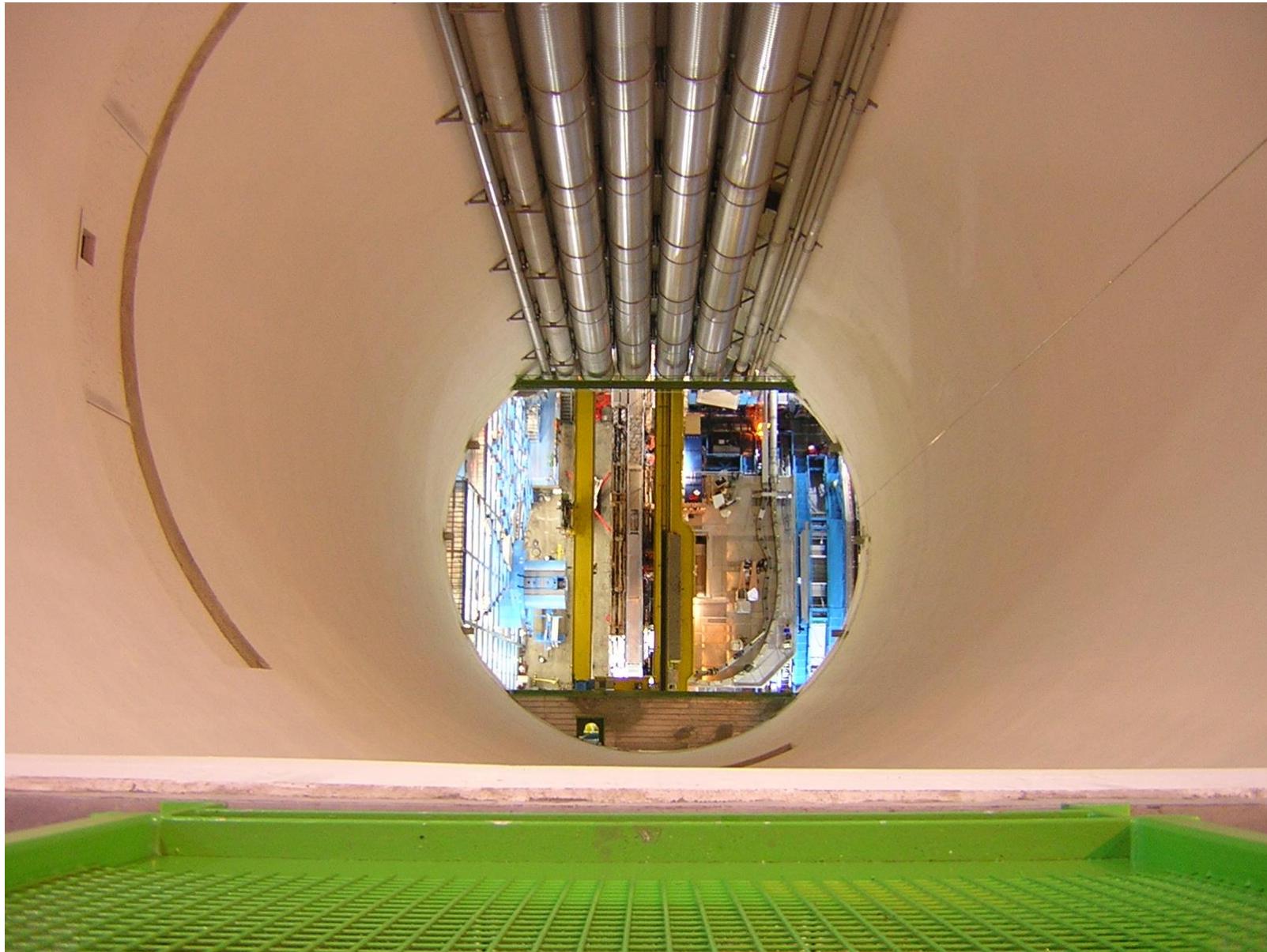
Didysis hadronų kolaideris (Large Hadron Collider - LHC) pagreitins du priešpriešais lekiančius protonus iki 7 TeV (energija 10^6 karų didesnė už radioaktyvios spinduliuotės).
27 km ilgio LHC tunelis yra ilgiausias iš visų greitintuvų pasaulyje.

Bendras didžiojo hadronų kolaiderio vaizdas (LHC)

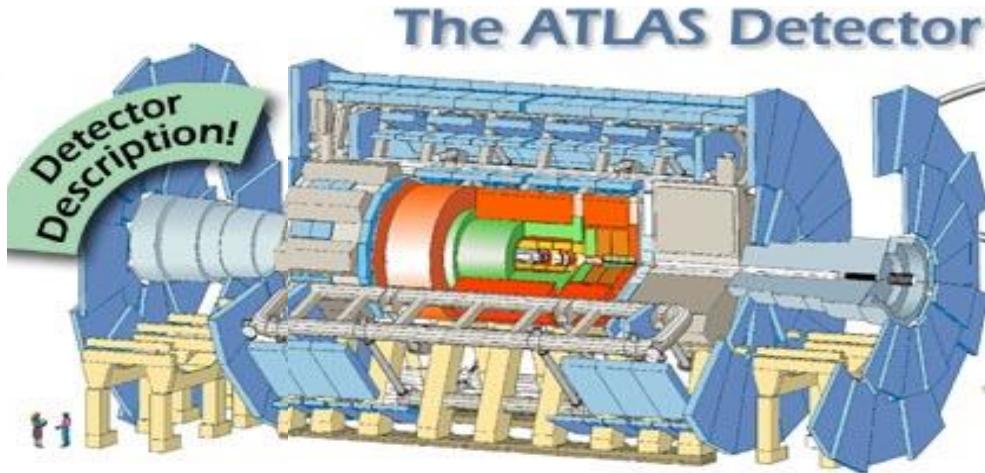
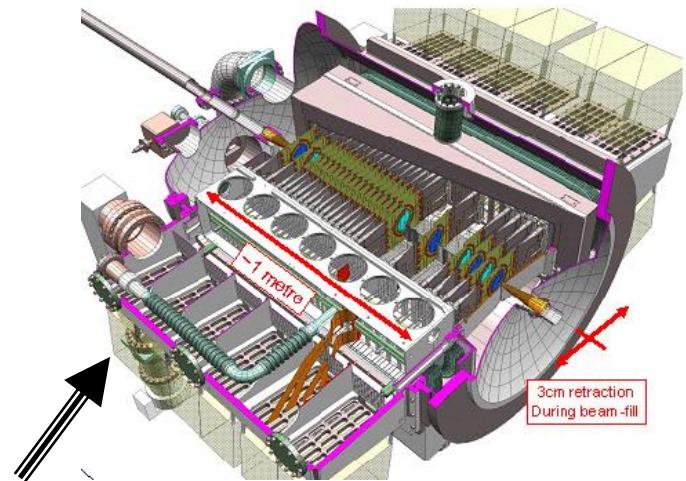


E540 - V10/09/97

27 km apskritimas, 100 m po žeme, 4 eksperimentai



The main experiments:



VERTEX LOCATOR

SUPERCONDUCTING
COIL

CALORIMETERS

ECAL
Scintillating
PbWO4 crystals

HCAL

Plastic scintillator/
brass sandwich

TRACKER

Silicon
Micro -strip
Pixels

Total weight : 12,500 t
Overall diameter : 15 m
Overall length : 21.6 m
Magnetic field : 4 Tesla

MUON BARREL

Drift Tube
Chambers

Resistive Plate
Chambers

MUON ENDCAPS

Cathode Strip Chambers
Resistive Plate Chambers

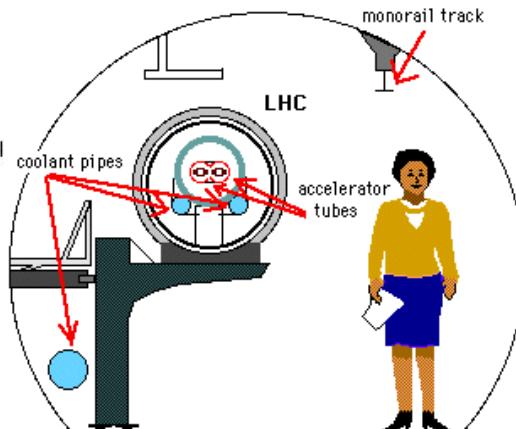
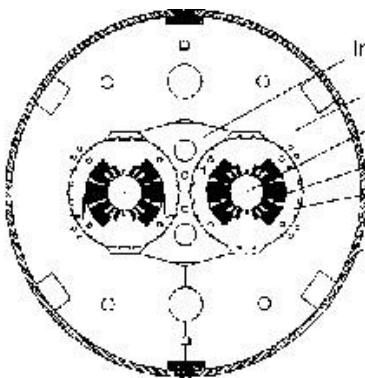
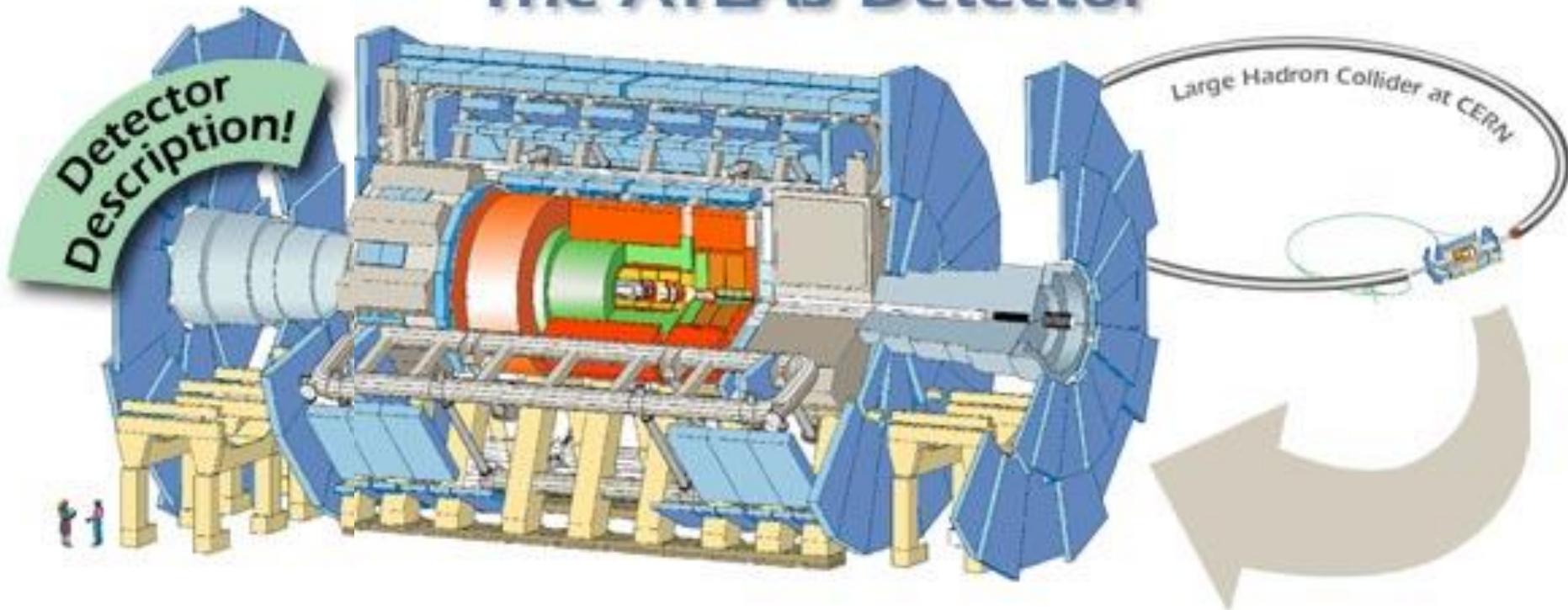
CMS Experiment



Alice

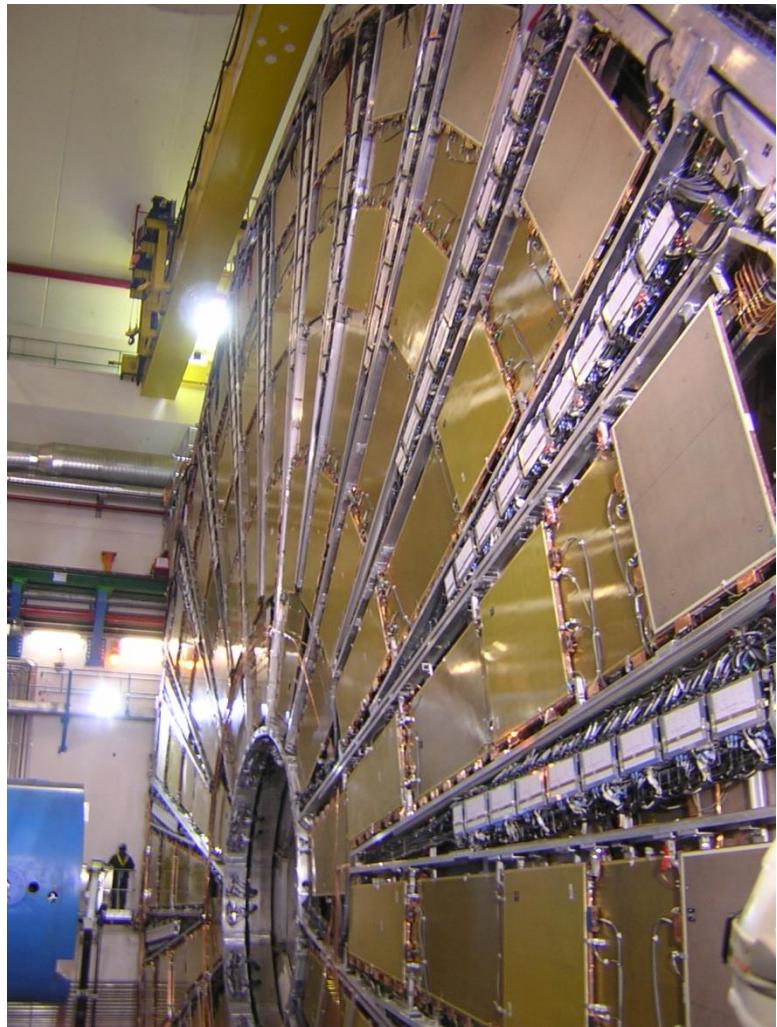
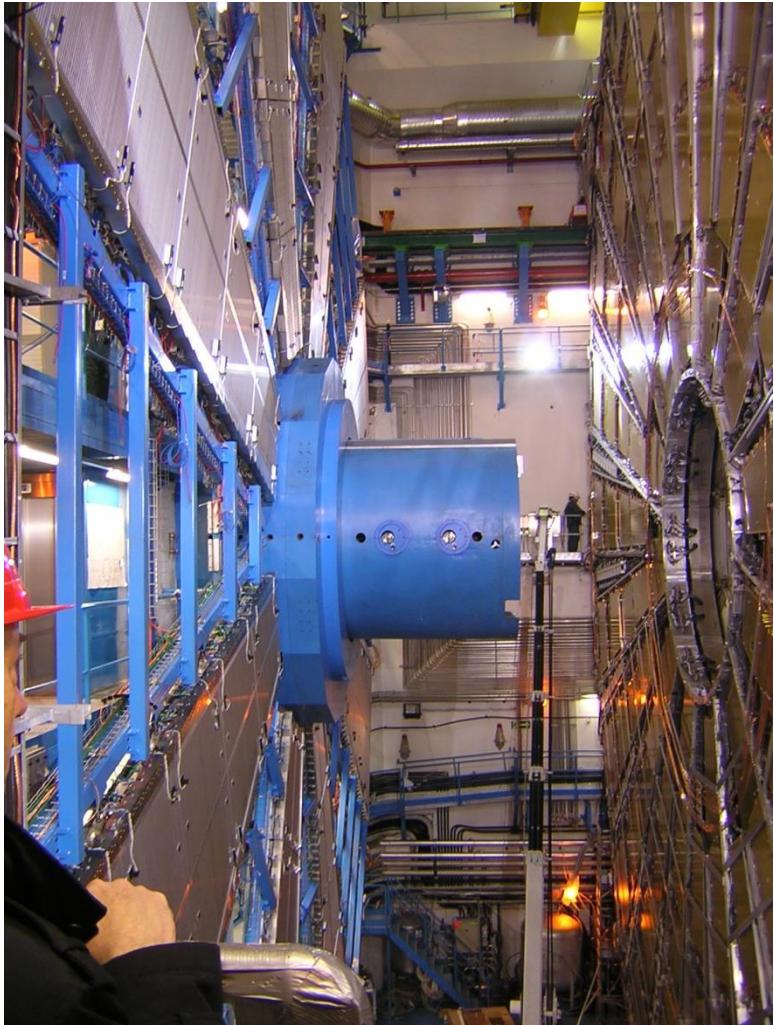
Colliding Ultra-Relativistic Heavy Ions

The ATLAS Detector

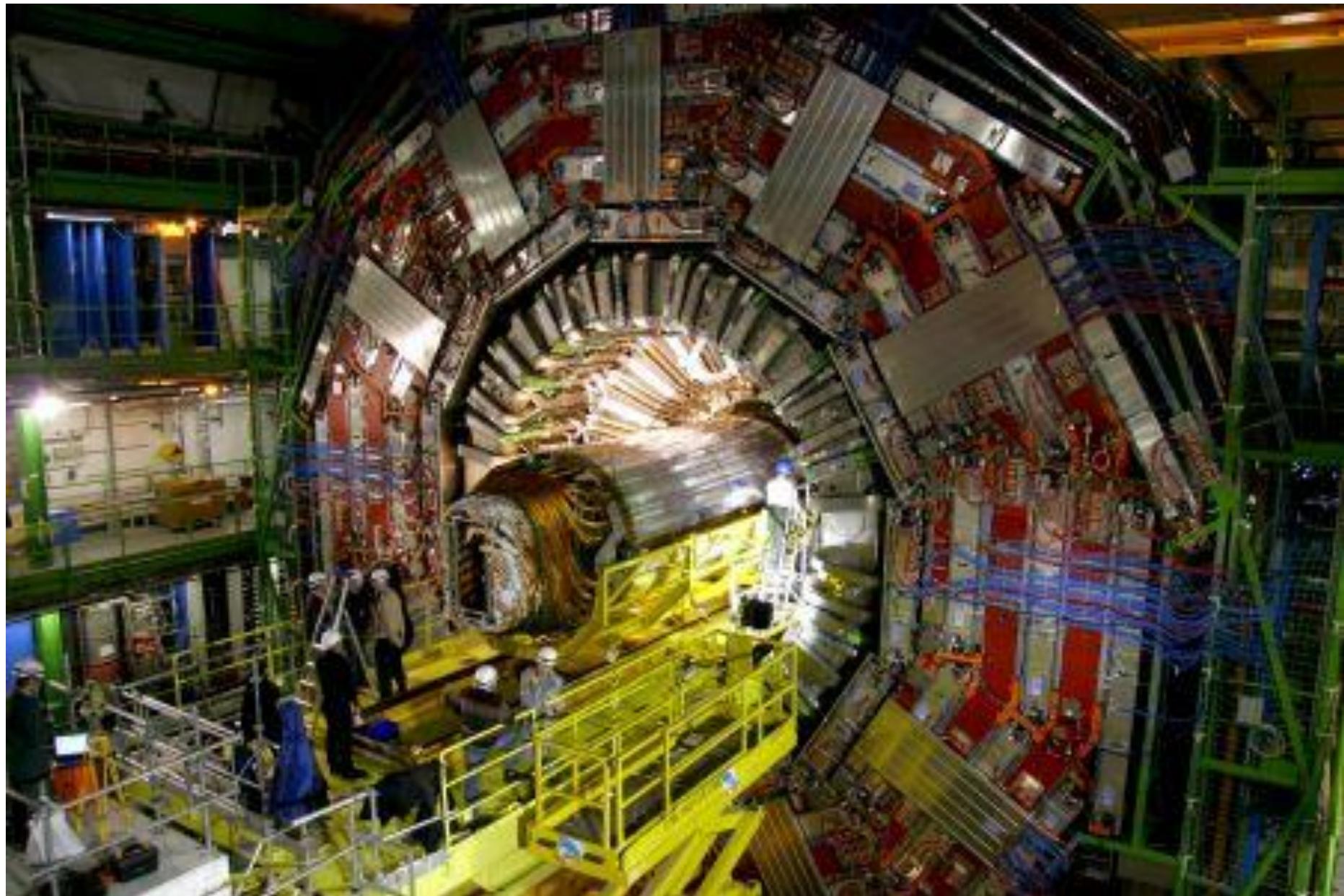


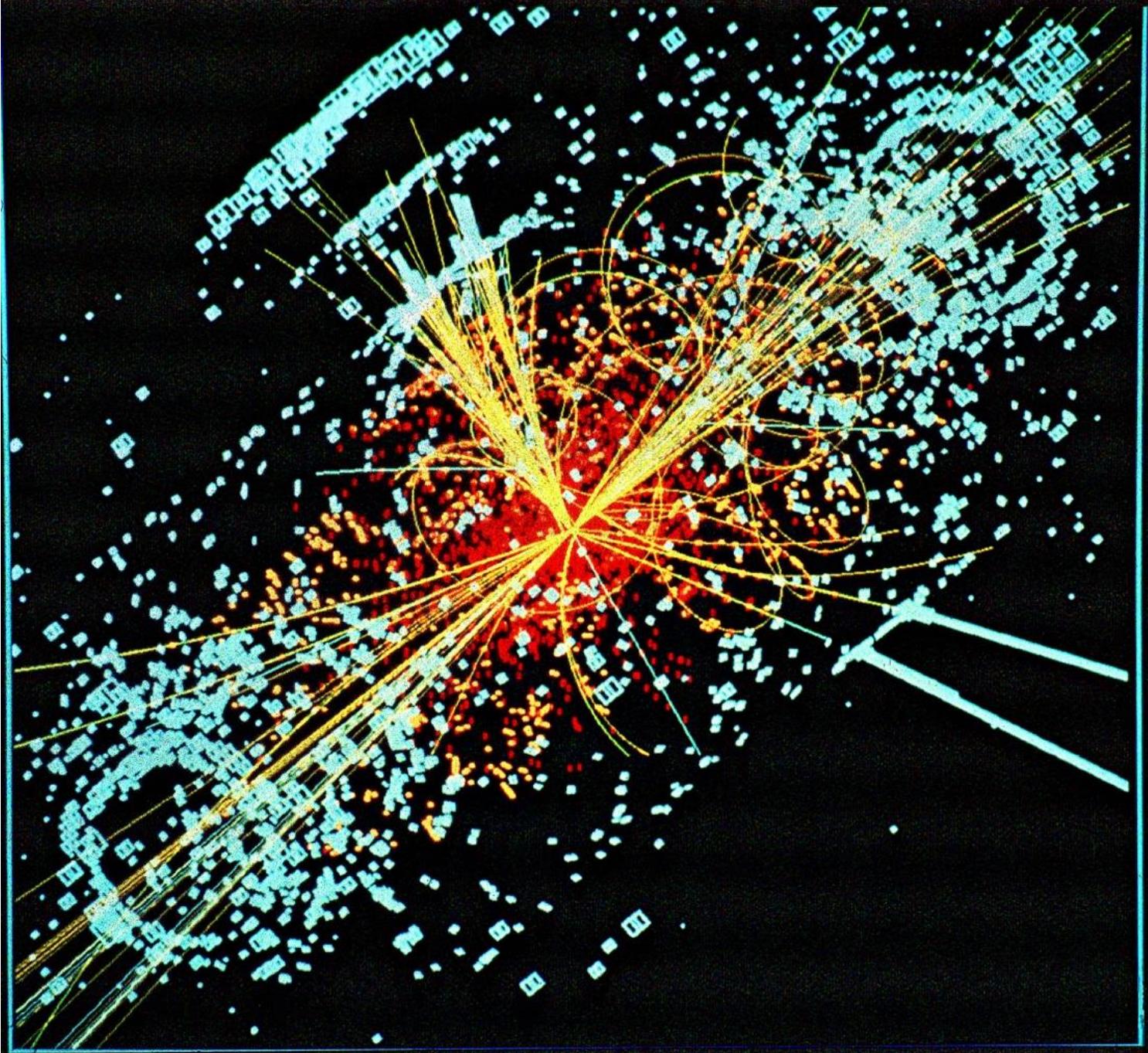
Two-in-One Magnet

Atlas “Cap”

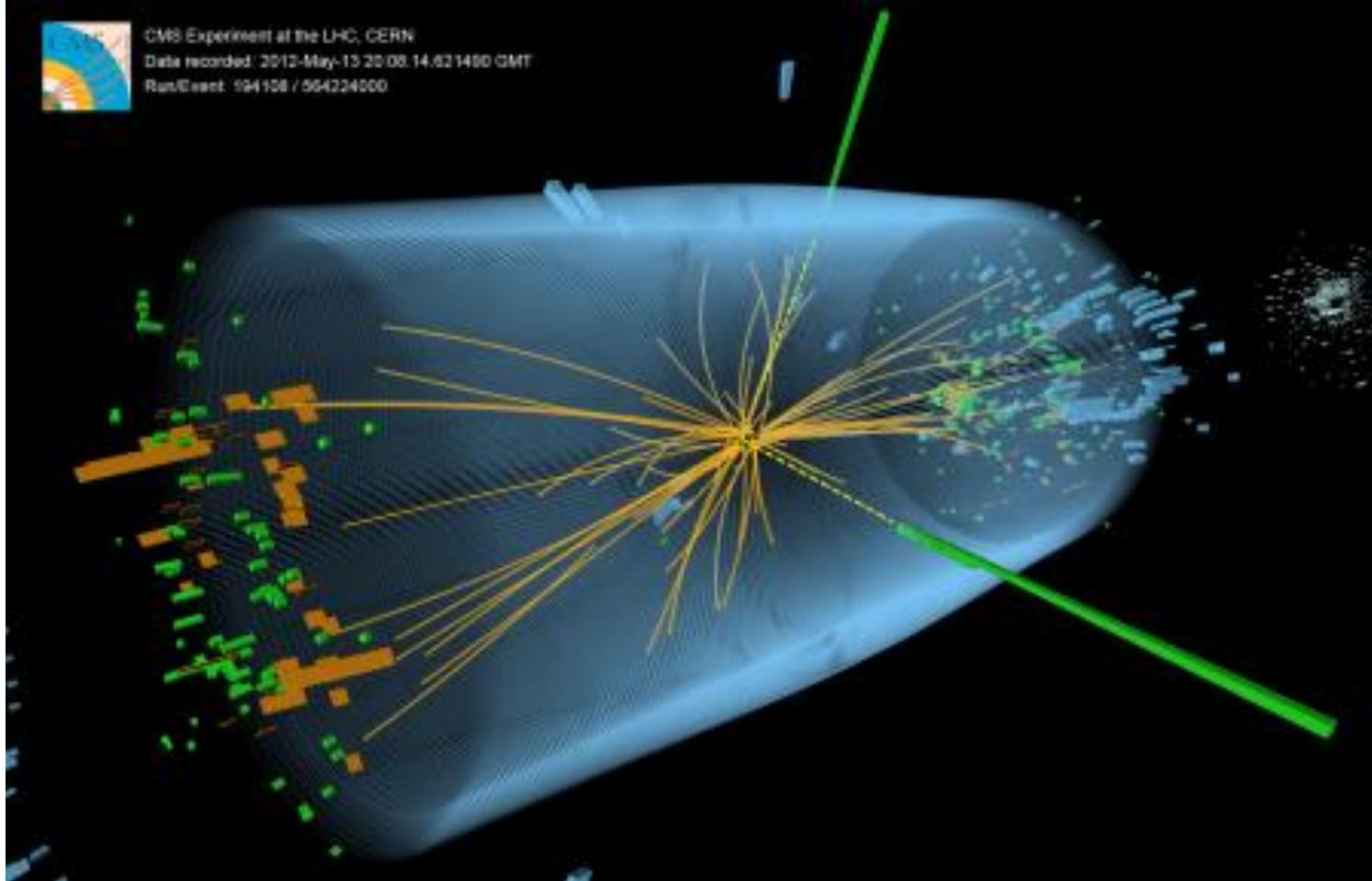


CMS detektorius





Atrasta nauja dalelė, kurios masė 125 GeV, tai Higgso bozonas



Tai didžiausias pasaulyje įrenginys...

- Preciziškas apskritiminis greitintuvas, kurio ilgis 26 659 m, jo viduje 9300 magnetų.
- Jau aštuntadalis jos šaldymo sistemos būtų didžiausiu šaldytuvu pasaulyje.
- Magnetų pradiniam atšaldymui iki -193.2°C (80 K) reikia 10 080 tonų skysto azoto, o gilesniam šaldymui dar reikia 60 tonų skysto helio, ir pasiekiami -271.3°C (1.9 K).
- **Tai šalčiau, negu galaktikų išorinėje erdvėje (ten 2,7 K)**

Greičiausia “lenktynių” trasa pasaulyje ...

- Esant didžiausiam greičiui trilijonai protonų lakstys greitintuvo kanalais 11 245 kartų per sekundę, jų greitis bus 99.99% šviesos greičio (299,97 tūkstančių km/s).
- Priešingomis kryptimis lekiantys protonai išskirdami 14 TeV susismoginės 600 milijonus kartų per sekundę.

Tuščiausia vieta Saulės sistemoje...

- Viduje ultra-aukštasis vakuumas (kad oro molekulės netrukdytų protonams)
- Viduje slėgis 10^{-13} atm, t.y., 10 kartų mažesnis kaip Mėnulyje

Karščiausias taškas galaktikoje...

Susudaužiant protonams jų temperatūra pakils iki 100 000 aukštesnės, negu yra Saulės centre (o ten yra 12 milijonų laipsnių karščio).

Didžiausias ir įmantriausias registravimo įrenginys, bet kada sukurtas...

LHC detektoriai leis nustatyti dalelių atlėkimo į reikiamą tašką laiką kelių milijardinių sekundės dalį tikslumu.

Dalelių trajektorijas nustatys milijoninių metro dalį tikslumu

Apie reikalaujamą tikslumą sakoma:

tai ekvivalentiška šauliams šaudantiems adatomis, šovus iš 10 km nuotolio pataikyti jas vieną į kita 5 km atstumu



5 km



10 km

Įrenginys reikalauja ypatingo atsakingumo:

- Magnetuose sukaupiama 10 GJ [gigadžaulių], energijos. (10 GJ ekvivalentiška 2.5 tonos TNT bombos sprogimui).
- Protonų pluošte - 725 MJ [megadžaulių] (725 MJ ekvivalentiška 157 kg trinitrotoluolo bombos sprogimui);
- Protonų pluošto sustabdymui įrengta gesinimo kamera (grafitinis kambarys), kuri šią energiją turi sugerti.

Vienas galingiausių superkompiuterių pasaulyje...

- Kiekviename LHC eksperimente informacijai kaupti per metus reikės po 100 000 dvisluoksnį DVD.
- Visa sistemą sudarys ~10 000 kompiuterių pasklidusių visame pasaulyje, o duomenų valdymui sukurtas galingiausias kompiuterinis tinklas vadinamas GRID.
- Jau dabartinės GRID'o galimybės: 200 gigabitų/s

Reziume:

- Mikropasaulio tyrimai atskleidė:
 - medžiagų sandarą;
 - elementariąsias daleles;
 - jėgas veikiančias tarp dalelių ir kūnų
- Visa tai davė naudos:
 - Cheminę technologiją
 - Branduolinę energiją
 - Naujus medicinos gydymo ir diagnostikos metodus
 - Internetą.