

# Technologiniai vyksmai ir matavimai

dr. Gytis Sliaužys

# Etalonai

## Paskaitos turinys

---

- Pagrindiniai terminai ir jų apibrėžimai
- Etalonų sistema
- Etalonų sietis
- Kilogramas
- Omas
- Voltas
- Kandela
- Kiti etalonai

# Pagrindiniai terminai ir jų apibrėžimai

## Etalonas

---

### Etalonas

- Matas, matuoklis, pamatinė medžiaga ar matavimo sistema, skirta dydžio vienetui, vienai arba kelioms jo vertėms kaip pamatinėms tiksliai išreikšti, realizuoti, išsaugoti ar atkurti.

*angl.* – (measurement) standard, etalon, *pranc.* – étalon *m*, *vok.* – Normal *n*, *rus.* – эталон *m*

# Pagrindiniai terminai ir jų apibrėžimai

## Etalonas

---

- Etalonų pavyzdžiai:
  - a) 1 kg masės etalonas;
  - b) 100  $\Omega$  etaloninis varžas [rezistorius];
  - c) etaloninis ampermetras;
  - d) cezio dažnio etalonas;
  - e) pamatinis vandenilio elektrodas;
  - f) žmogaus serume esančio kortizolio pamatinis tirpalas, turintis paliudytą koncentraciją.



# Pagrindiniai terminai ir jų apibrėžimai

## Etalonas

---

- PASTABOS: 1) Kartu naudojamų vienodų matų ar matavimo priemonių rinkinys sudaro etaloną, vadinamą **kolektyviniu etalonu**.
- 2) Keli ar keliolika etalonų, kurių vertės individualiai ar deriniais (suderintai) parinktos, kad sudarytų vienaarūšių dydžių verčių seriją, vadinami **etalonų rinkiniu**.

# Pagrindiniai terminai ir jų apibrėžimai

## Etalonas

---

### **pirminis etalonas**

- Patvirtintas arba plačiai pripažintas kaip geriausių metrologinių savybių etalonas, kurio vertė nustatoma nesiremiant kitais to paties dydžio etalonais.  
PASTABA. Pirminio etalono sąvoka tinka ir pagrindiniams, ir išvestiniams dydžiams.

### **antrinis etalonas**

- Etalonas, kurio vertė lyginimo būdu nustatoma iš to paties dydžio pirminio etalono.  
PASTABA. Antrinis etalonas gali būti vadinamas pirminio etalono kopija.

### **pamatinis etalonas**

- Etalonas, paprastai turintis geriausių metrologinių savybių toje vieto(vė)je ar toje organizacijoje, kurioje matuojama.



# Pagrindiniai terminai ir jų apibrėžimai

## Etalonas

---

### darbinis etalonas

- Etalonas, kuriuo nuolat etalonuojami ar tikrinami matai, matuokliai ar pamatinės medžiagos.  
PASTABOS: 1) Darbinis etalonas paprastai etalonuojamas pamatinio etalono atžvilgiu. 2) Darbinis etalonas, kuris nuolat vartojamas, norint įsitikinti, ar matavimai atlikti tinkamai, vadinamas **tikrinimo etalonu**.

### tarpinis etalonas

- Etalonas kaip tarpinė priemonė etalonams palyginti.  
PASTABA. Terminas **tarpinis prietaisas** (pvz., komparatorius) turėtų būti vartojamas tada, kai tarpinė priemonė nėra etalonas.

# Pagrindiniai terminai ir jų apibrėžimai

## Etalonas

---

### **tarptautinis etalonas**

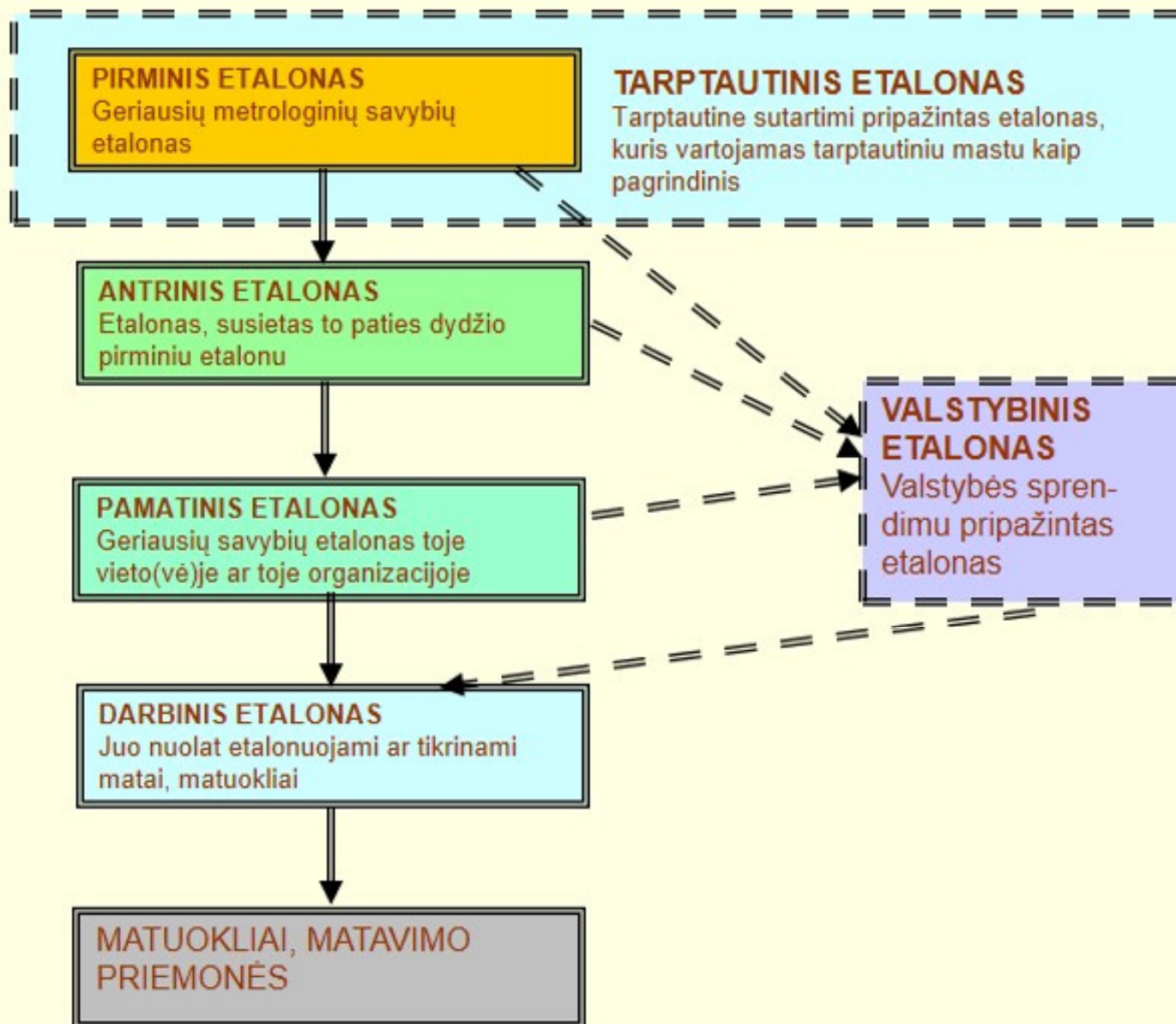
- Tarptautine sutartimi pripažintas etalonas, kuris vartojamas tarptautiniu mastu kaip pagrindinis, priskiriant tam tikro dydžio vertes kitiems etalonams

### **valstybinis etalonas**

- Valstybės sprendimu pripažintas etalonas, kuris vartojamas valstybėje kaip pagrindinis, priskiriant tam tikro dydžio vertes kitiems etalonams.

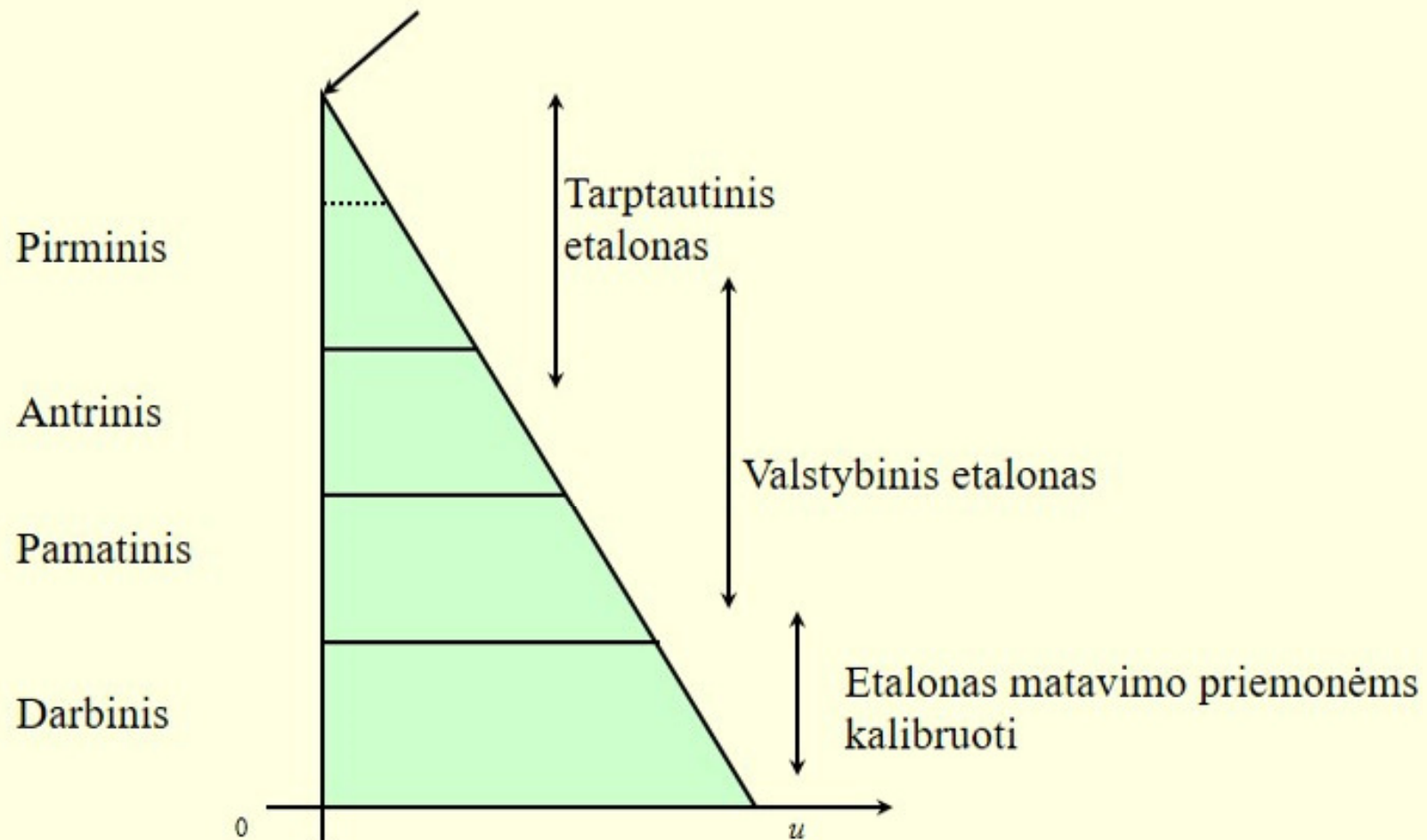


# Etalonų sieties seka



# Matavimo neapibrėžtis $u$ ir etalonai

Matavimo vienetas pagal apibrėžimą  
(matavimo neapibrėžtis  $u = 0$ )



# Sietis

---

## sietis

- Matavimo rezultato arba etalono savybė leidžianti juos sieti su pamatinėmis vertėmis, dažniausiai su valstybiniais ar tarptautiniais etalonais, taikant pasirinktos neapibrėžties nepertraukiamąjį lyginamąjį būdą.
- PASTABOS:
  - 1) Anglų ir prancūzų kalbos būdvardžius **traceable** (*angl.*) ir **traçable** (*pranc.*) atitinka lietuviškas dalyvis **susietas**.
  - 2) Nepertraukiamoji palyginimų seka gali būti vadinama **sieties seka**, **suderinimo su etalonais seka** arba **etalonavimo seka** (*angl. traceability chain, pranc. chaîne de raccordement aux étalons, chaîne d'étalonnage*).



# Etalonavimas

---

## etalonavimas

- Veiksmų visuma, kuri nurodytomis sąlygomis nustato matuoklio ar matavimo sistemos rodomų dydžių verčių arba verčių, kurias teikia matas ar pamatinė medžiaga ar terpė, ryšį su etalonų sukurtomis atitinkamomis vertėmis.
- PASTABOS:
  - 1) Etalonavimas leidžia arba matuojamųjų dydžių vertes priskirti rodmenims, arba rodmenims nustatyti atitinkamas pataisas.
  - 2) Etalonavimu taip pat galima nustatyti kitas metrologines savybes, pavyzdžiui, paveikiųjų dydžių įtaką.
  - 3) Etalonavimo rezultatas gali būti užrašytas dokumente, kuris kartais vadinamas **etalonavimo liudijimu** (*angl. calibration certificate, pranc. certificat d'étalonnage*) arba **etalonavimo protokolu** (*angl. calibration report, pranc. rapport d'étalonnage*).



# Etalonavimas

---

Taigi *etalonavimas* yra procedūra, kurios pamatas – *etalonas*.

Etalonas kaip ypatingas matas kruopščiai saugomas *etalonų laboratorijoje*.

Jei kalibravimo procedūra atliekama tarp etalonų ar su etalonu etalonų laboratorijoje, tai tokia procedūra vadintina *etalonavimu*.

Tai retas ir daug kainuojantis veiksmas, todėl termino *etalonavimas* vartojimas rodo, kad atlikta **ypatinga procedūra**, kuri iš esmės skiriasi nuo masinio matavimo priemonių kalibravimo darbiniais etalonu, esančiu kalibravimo laboratorijoje.

# Kalibravimas

---

## matavimo priemonės kalibravimas

- Eksperimentinis matavimo priemonės kiekvienos žymės (dažniausiai tik tam tikrų pagrindinių žymių) padėties priklausomybės nuo atitinkamos matuojamojo dydžio vertės nustatymas.
- PASTABA. Negalima sutapatinti *kalibravimo* ir *etalonavimo*.

# Gradavimas

---

## **gradavimas**

- Matavimo priemonės skalės suskirstymas tam tikrais matavimo vienetais reikiamu tikslumu, pvz., termometro gradavimas, laboratorinio indo gradavimas.

## **matavimo priemonės gradavimas**

- Matavimo priemonės gradavimo charakteristikos eksperimentinis sudarymas.

## **gamyklinis gradavimas**

- Ką tik pagaminto gaminio gradavimas gamykloje.



# Etalonai

---

- *Etalonas*
- Matas, matuoklis, pamatinė medžiaga ar matavimo sistema, skirta dydžio vienetui, vienai arba kelioms jo vertėms kaip pamatinėms tiksliai išreikšti, realizuoti, išsaugoti ar atkurti.
- *angl.* – (measurement) standard
- *pranc.* – étalon
- *vok.* – Normal
- *rus.* – ЭТАЛОН



# Ilgio etalonas



- Akmens amžiaus ilgio matavimo vienetas – *pėda*

# Ilgio etalonas



- Egiptiečiai ilgiui matuoti turėjo *karališkąjį kubitą*



# Ilgio etalonas

- Romėnai nuotolį matavo *myliomis*.



# Ilgio etalonas

---

- Anglai matavo *jardais*.





# Ilgio etalonas

Henris [1100 – 1135]  
*jarðu* liepė vadinti  
atstumą nuo jo  
nosies iki ištiesto  
nykščio.



# Ilgio etalonas

Vėliau Edgardas įvedė “*yardstick*’ą” – jardo ilgio matavimo liniuotę (apie trijų pėdų ilgio).



# Ilgio etalonas

- Laikui bėgant, reikėjo bendro ir tikslaus ilgio mato.





# Švytuoklės

---

- Švytuoklės pusperiodis 1 s

$$\frac{g}{\pi^2} \times 1 \text{ s}^2 \approx 0,994 \text{ m}$$

# Ilgio etalonas

---

- 1791 m. prancūzų mokslininkai nutarė



# Ilgio etalonas

- Ilgio vienetas  
tebūnie per Paryžių  
nuo Žemės poliaus  
ligi ekvatoriaus  
einančio  
dienovidinio ilgio  
 $1/10^7$  dalis.





# Publikai prieinamas metro etalonas Paryžius (1795 - 1796 )

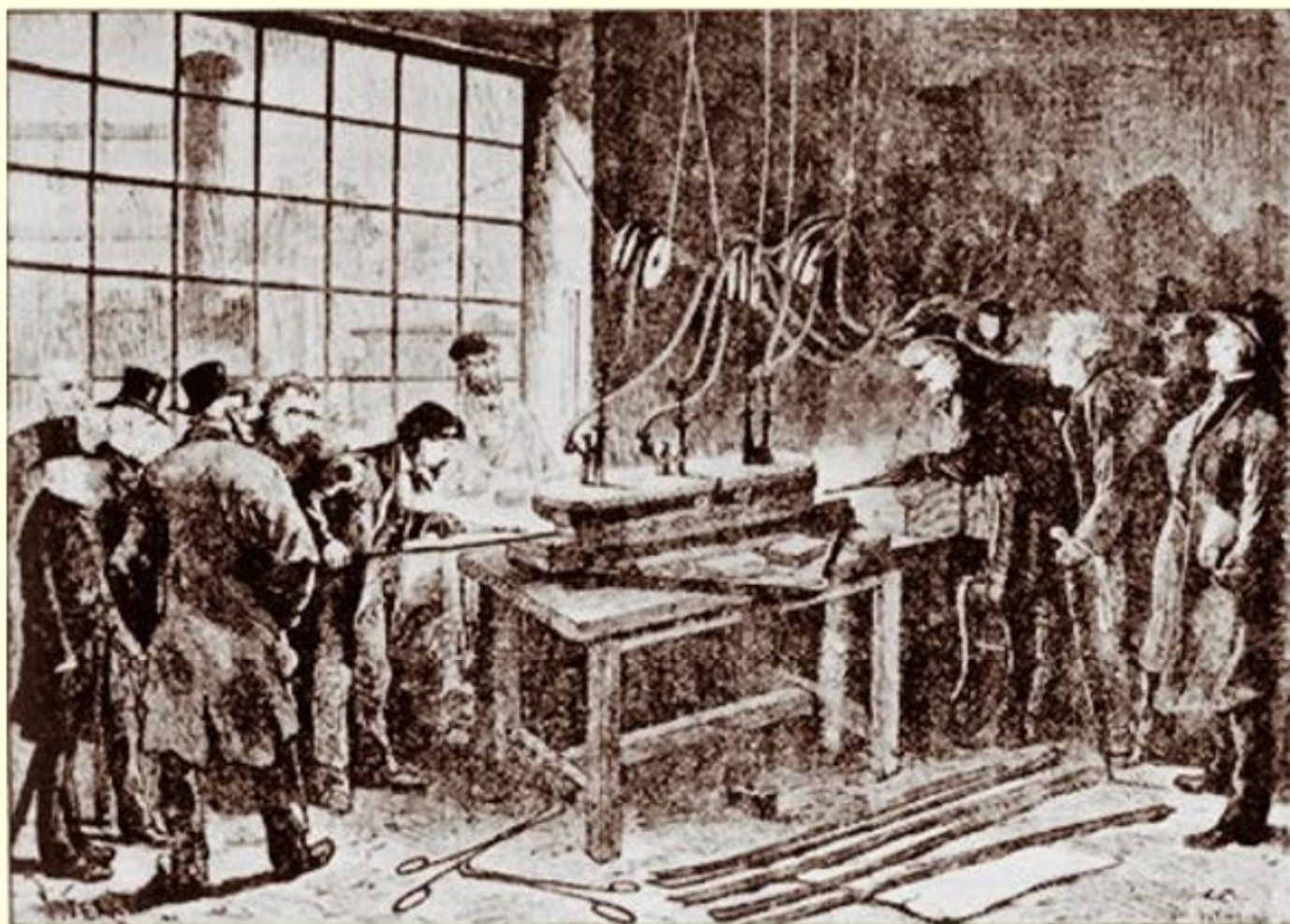
---





# Ilgio etalonas

- Po ilgų tyrimu 1799 m. buvo pagaminta pirmoji platininė juosta, kuri buvo vadinama '*Mètre des Archives*' ir kuri tapo pirminiu naujai kuriamos metrinės pasaulinės matavimo vienetų sistemos etalonu.



# Ilgio etalonas

---

- 1874 m. buvo pagamintas platinos ir iridžio lydinys – pirminis metro etalonas, pavadintas *1874 m. lydiniu*.





# Ilgio etalonas

---

- Tačiau tobulėjant įrenginiams ir technikai, tokio tikslumo ir metro ilgiui perduoti tokio būdo nepakako.
- Reikėjo rasti geresnių būdų.

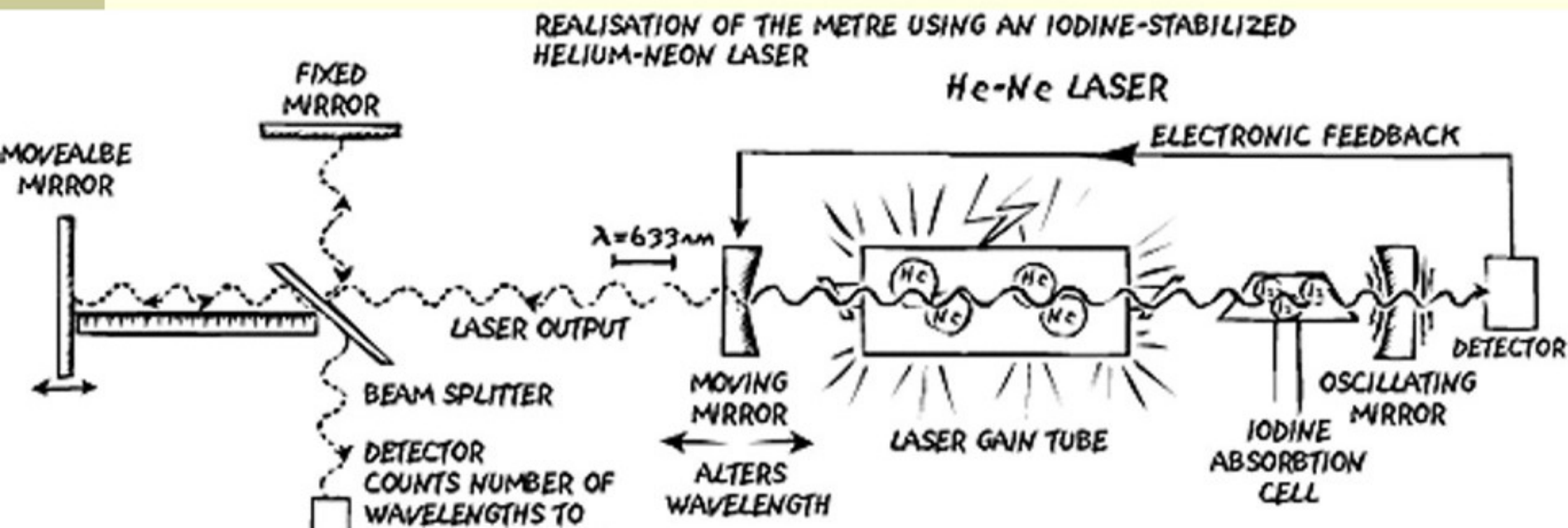
# Ilgio etalonas

- 1960 m. buvo nutarta, kad vienas metras bus lygus kriptono-86 vakuume spinduliuojamos bangos 1 650 763,73 ilgių.



# Ilgio etalonas

- 1983 m. buvo nutarta, kad metras – atstumas, kurį vakuume nusklinda šviesa per 1/299 792 458 sekundės dalį.





# Ilgio etalonas

---

- Remiantis šiuo nutarimu, kuriami šiuolaikiniai pirminiai metro etalonai.
- Taigi ilgio matavimo vieneto kūrimo istorija tęsiasi daug metų. Ir tai, manau, dar nepabaiga!

# Ilgio etalonas

		Absoliutinė neapibrėžtis	Santykinė neapibrėžtis
Per Paryžių nuo Žemės poliaus ligi ekvatoriaus einančio dienovidinio ilgio $1/10^7$ dalis	1795	nuo 0,5 mm iki 0,1 mm	$10^{-4}$
Pirmoji platininė juosta	1799	nuo 0,05 mm iki 0,01 mm	$10^{-5}$
Platinos ir iridžio lydinys	1974	nuo 0,2 $\mu\text{m}$ iki 0,1 $\mu\text{m}$	$10^{-7}$
Kryptono-86 vakuume spinduliuojamos bangos 1 650 763,73 ilgių	1960	nuo 0,01 $\mu\text{m}$ iki 0,005 $\mu\text{m}$	$10^{-8}$
Atstumas, kurį vakuume nusklinda šviesa per 1/299 792 458 sekundės dalį	1983	0,1 nm	$10^{-10}$

# Kilogramo etalonas

---

- **Kilogramas** yra masės vienetas;



# Kilogramo etalonas

---

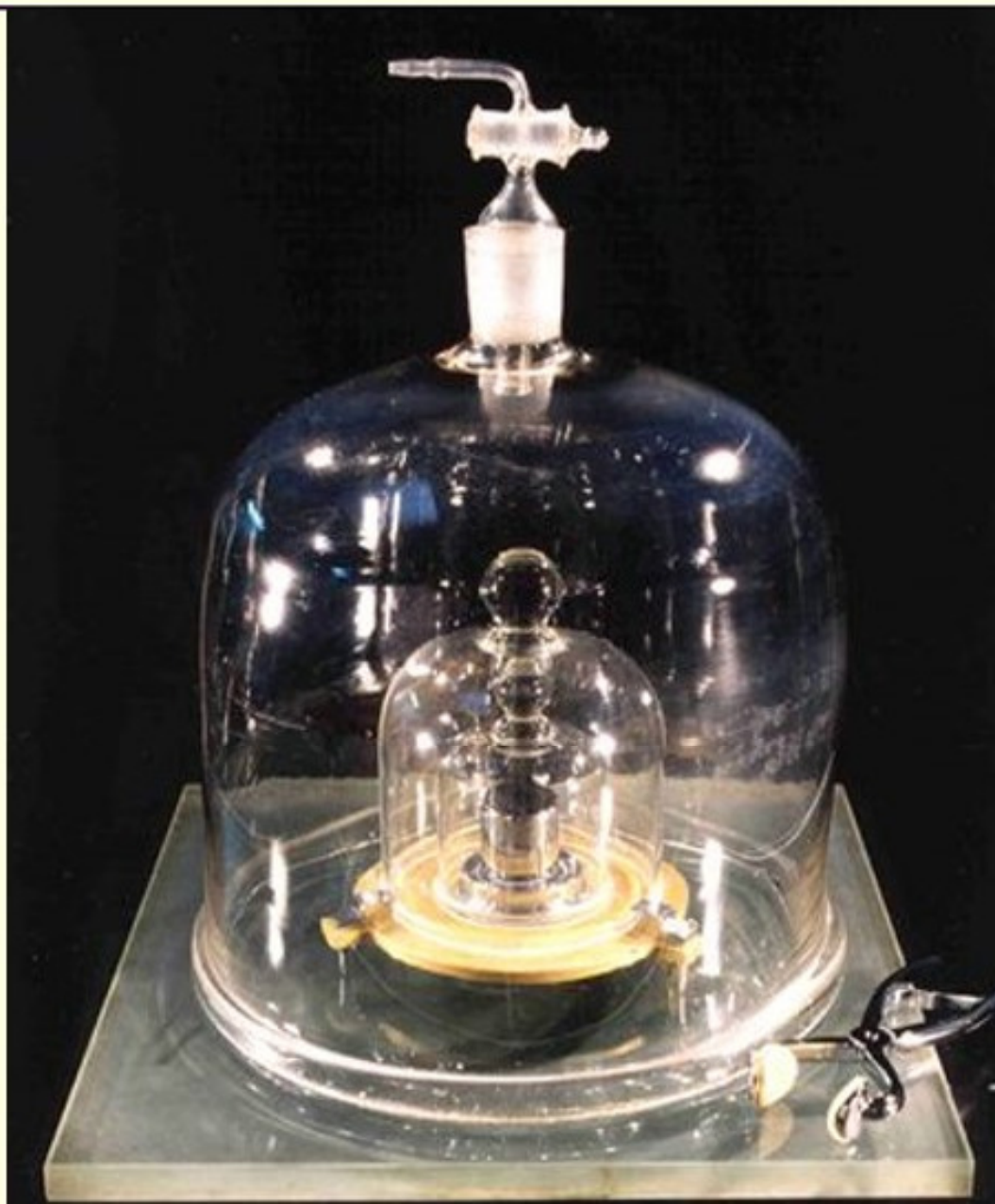
- Kilogramas buvo apibrėžtas kaip „vienas litras 4 °C temperatūros vandens esant normaliam atmosferos slėgiui“.

# Kilogramo etalonas

---

- Tarptautinis kilogramo etalonas yra 39 mm skersmens ir 39 mm aukščio cilindras pagamintas iš 90 % platinos ir 10 % iridžio lydinio.

# Tarptautinis kilogramo etalonas

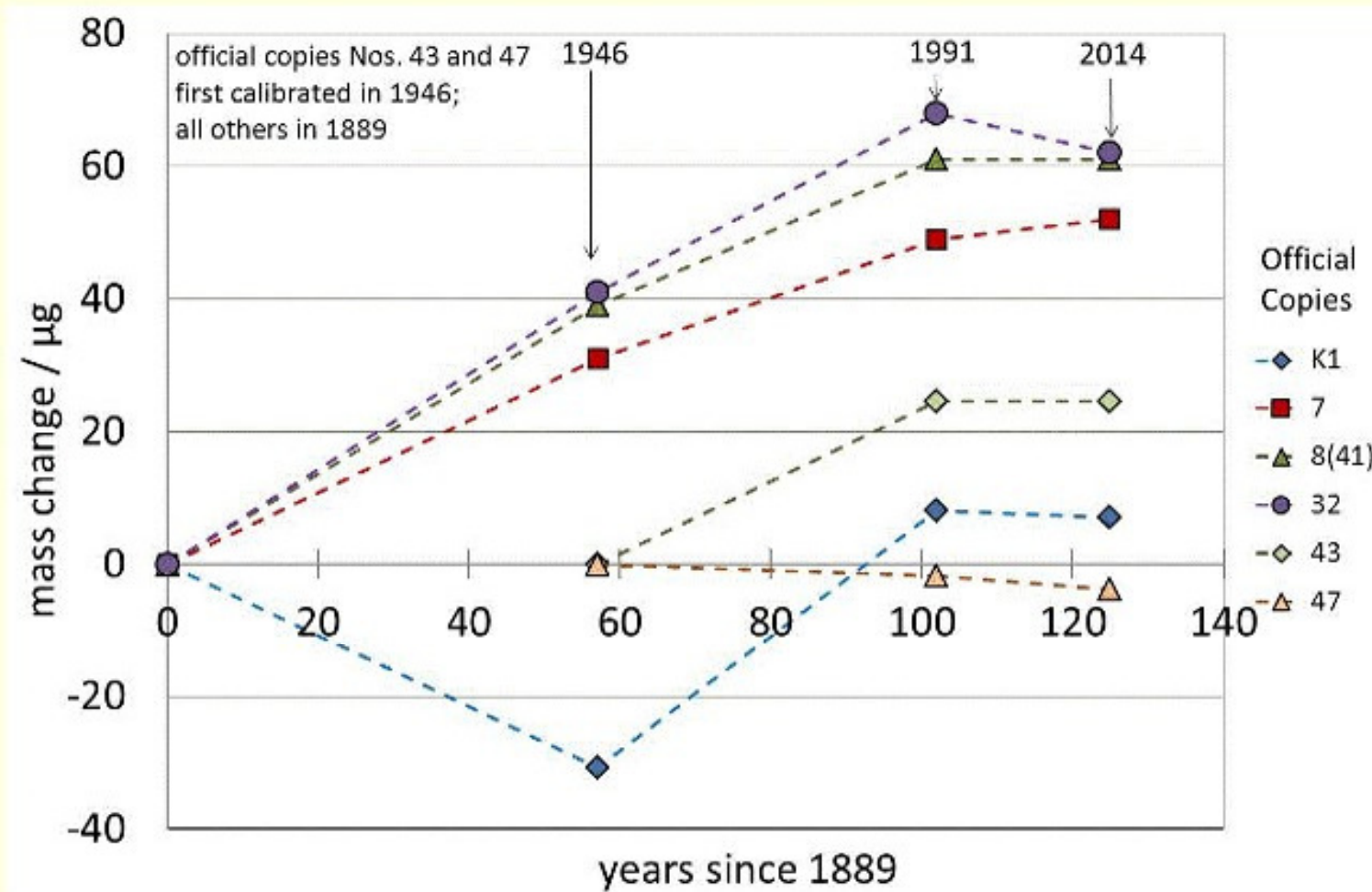




# Tarptautinis kilogramo etalonas ir šešios jo kopijos



# Kilogramo etalonas



# Stainless-steel one-kilogram standard in its travelling case for international comparisons





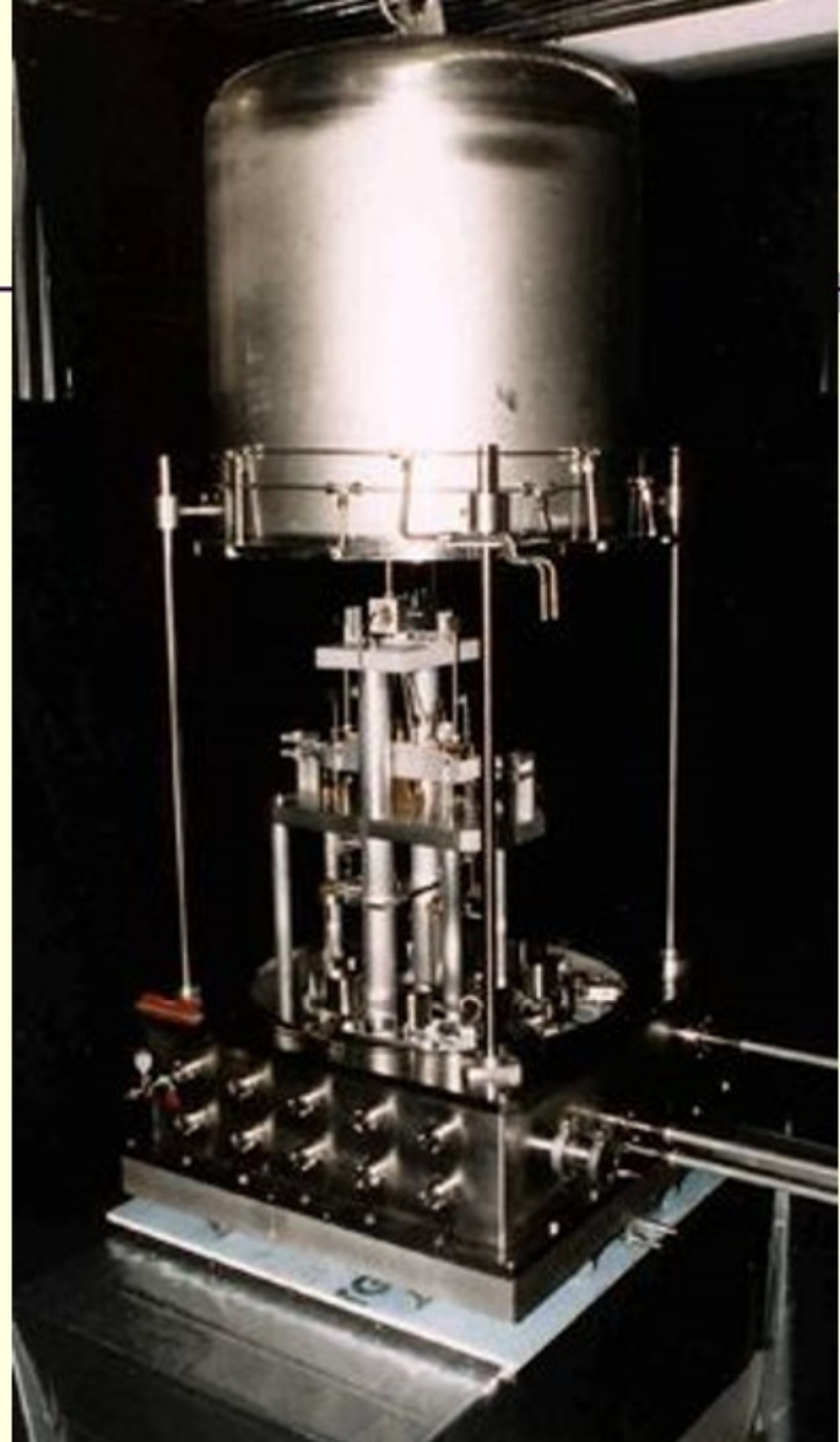
# Svarstykls

---



# Svarstykls

---



# Tikslumas

---

- Svirtinių svarstyklių masės svėrimo santykinis standartinis nuokrypis per pastaruosius 100 metų sumažėjo iki  $2 \cdot 10^{-8}$ .
- Tiksliausių BIPM svarstyklių su elektromagnetinę kompensacija santykinis standartinis nuokrypis sveriant ore šiuo metu yra  $5 \cdot 10^{-11}$ , o vakuume  $5 \cdot 10^{-12}$ .



# Tikslumas

---

- Masės etalonų kopijų (antrinių etalonų) masės skirtumai jau sudaro 50 mikrogramų.
- Iki šiol nepavyko rasti BIPM masės etalono pakaitalo.
- Masės etalono pokyčiai turi įtakos mokslui ir technikai, nes kilogramo etalonas naudojamas skaičiuojant svarbius fizikos ir chemijos matavimo vienetus – amperą ir molį.

# Avogadro projektas

---

- Pagal apibrėžimą, Avogadro skaičius anglies atomo  $C^{12}$  sveria 12 gramų.
- Avogadro konstanta yra molinės masės santykis su atomo mase.
- Todėl kristalinės struktūros: pavyzdžiui, silicio, atominis tūris yra gaunamas iš gardelės parametrų ir atomų skaičiaus gardelėje.
- Tada atominė masė yra tūrio ir tankio sandauga.

# Avogadro projektas

---

- Šio projekto tikslas Australijos tiksliosios optikos centre pagaminti 1 kg sveriančią silicio sferą.
- Šiame projekte, taip pat, dalyvauja Vokietijos, Italijos, Belgijos, Japonijos, Australijos ir JAV laboratorijos.



# Eiga

---

- Gryninamas Si
- Gaminamas monokristalas
- Gaminama sfera
- Gautos sferos skersmuo 93,6 mm



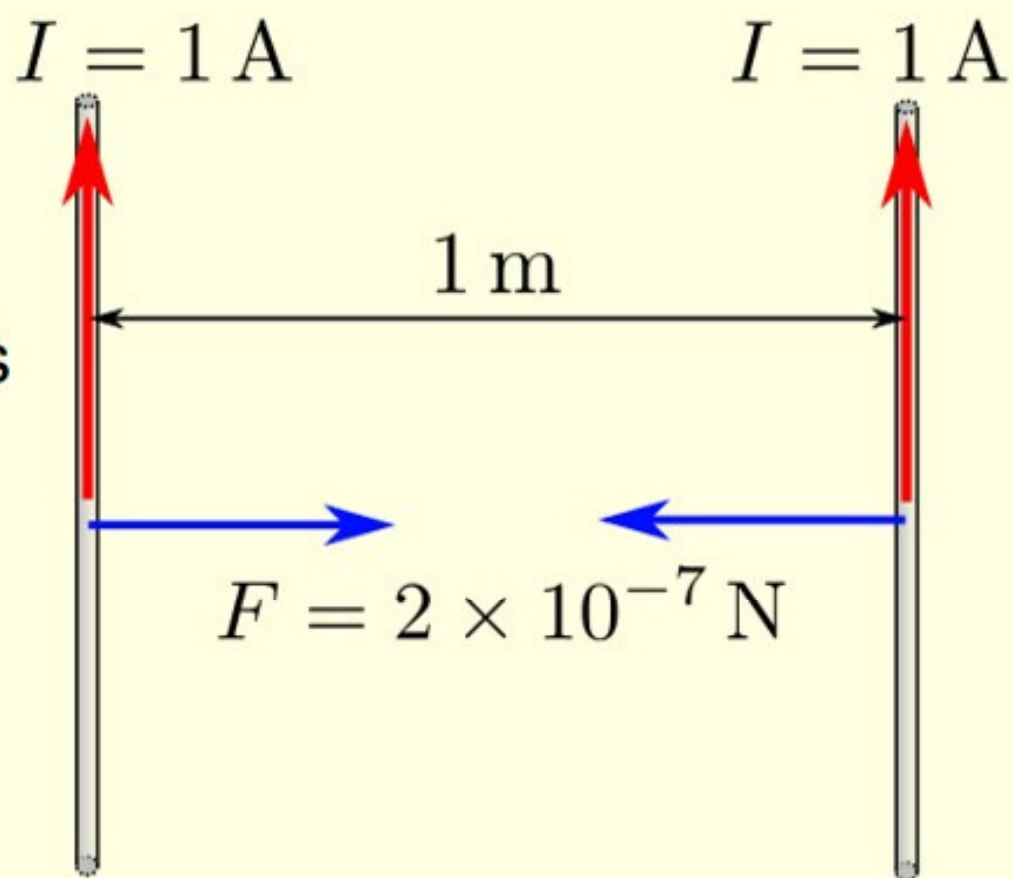
# Naujas kilogramo etalonas

---

- 2005 m Tarptautini svorsčių ir matų biuras rekomendavo apibrėžti fizikiniai dydžiais.
- 2011 m Generalinėje svorsčių ir matų konferencijoje buvo nutarta, kad kilogramas turi būti susietas su Planko konstanta.
- $6.62606957(29) \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$
- $6.62606957(29) \times 10^{-34} \text{ m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$

# Srovės etalonas

- **Amperas** – stipris nuolatinės elektros srovės, kuri, tekėdama dviem tiesiais, lygiagrečiais, be galo ilgais, nykstamai mažo apvalaus skerspjūvio laidais, esančiais vakuume 1 metro atstumu vienas nuo kito, sukelia tarp jų  $2 \times 10^{-7}$  niutono jėgą kiekvienam.





# Srovēs etalonas

---

- Du srovēs stiprio – ampero – realizavimo būdai.
- Tiesioginis ampero realizavimas
- Netiesioginis ampero realizavimas per omą ir volta.

# Srovės etalonas

---

- 2011 metais Generalinėje svorsčių ir matų konferencijoje buvo priimta rezoliucija. Kuri siūlo ateityje pakeisti ampero apibrėžimą per krūvio pratekėjimą per laiko vieneta.

# Varžos etalonas. Omas

---

Pamatiniai  
rezistoriai





# Varžos etalonas. Omas

Pamatiniai  
rezistoriai MTMI  
Etalonų  
laboratorijoje.



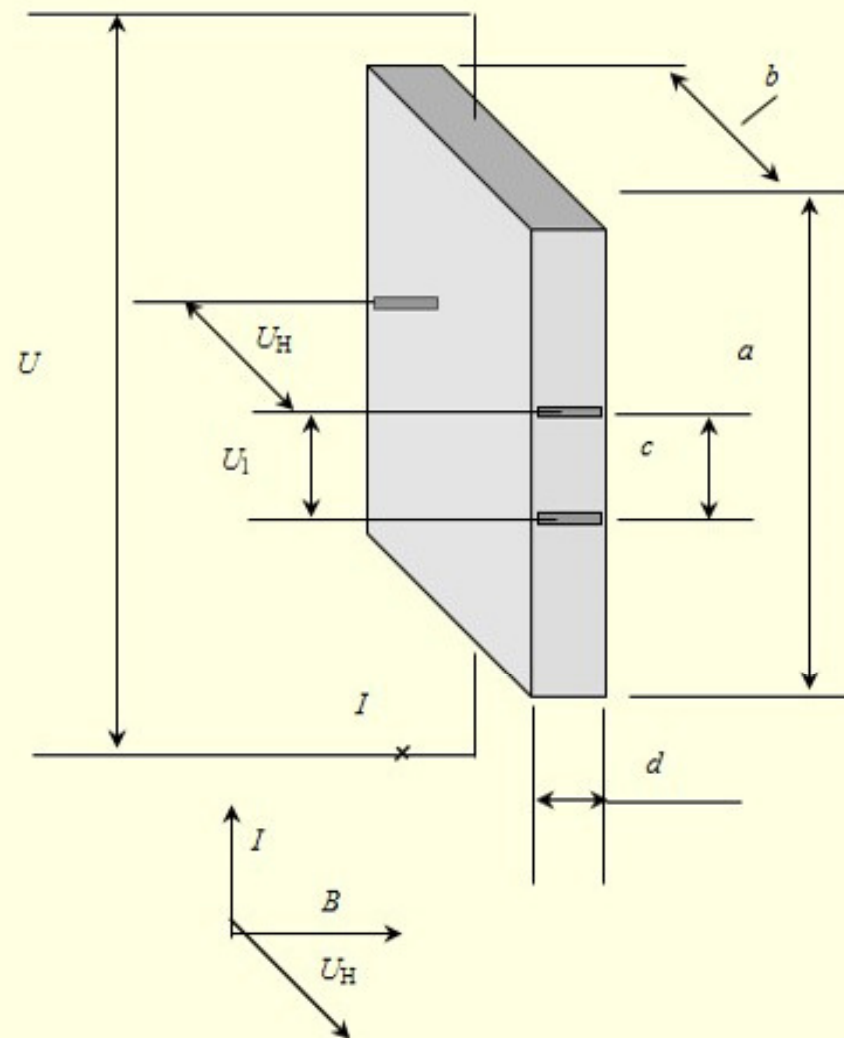


# Varžos etalonas. Holo efektas.

---

- Kai elektros srovei laidai medžiaga yra magnetiniame lauke ir per ją teka elektros srovė, tai statmenai elektros srovės tekėjimo ir magnetinio lauko indukcijos veikimo krypčiai atsiranda elektrovara, kuri paprastai vadinama Holo įtampa.
- Holo įtampos atsiradimo fizikinė prigimtis yra ta, kad dėl Lorencio jėgos veikimo pakinta magnetiniame lauke judančio krūvininko trajektorija.
- Kadangi krūvininkas juda tam tikra terpe, tai tos matuojamos Holo įtampos dydis priklauso nuo tos terpės savybių.
- Šios savybės gali būti būdingos medžiagai arba keičiamos tam tikrais poveikiais, iš kurių parametrų ir Holo įtampos matavimų yra apskaičiuojami medžiagos parametrai.

# Varžos etalonas. Holo efektas.



**Bandinys Holo efektui matuoti:**



# Varžos etalonas. Omas

---

- **Kvantinis Holo efektas.**
- Kvantinį Holo efekto reiškinį vokiečių mokslininkas Klausas fon Klitcingas (Klaus von Klitzing) 1980 metais atrado silicio (Si) inversiniame sluoksnyje (dvimatėje elektronų sistemoje), esant labai žemoms temperatūroms (mažesnėms už 1 K) ir stipriems magnetiniams laukams (magnetinio srauto tankiams esant didesniems negu 10 T).
- Klitcingas tyrinėjo magnetinio lauko įtaką lauko tranzistoriaus inversinio sluoksnio dvimačių elektronų dujų laidumui ir užregistravo laiptuotą Holo varžos priklausomybę nuo lauko elektrodo (užtūros) įtampos.

# Varžos etalonas. Kvantinis Holo efektas

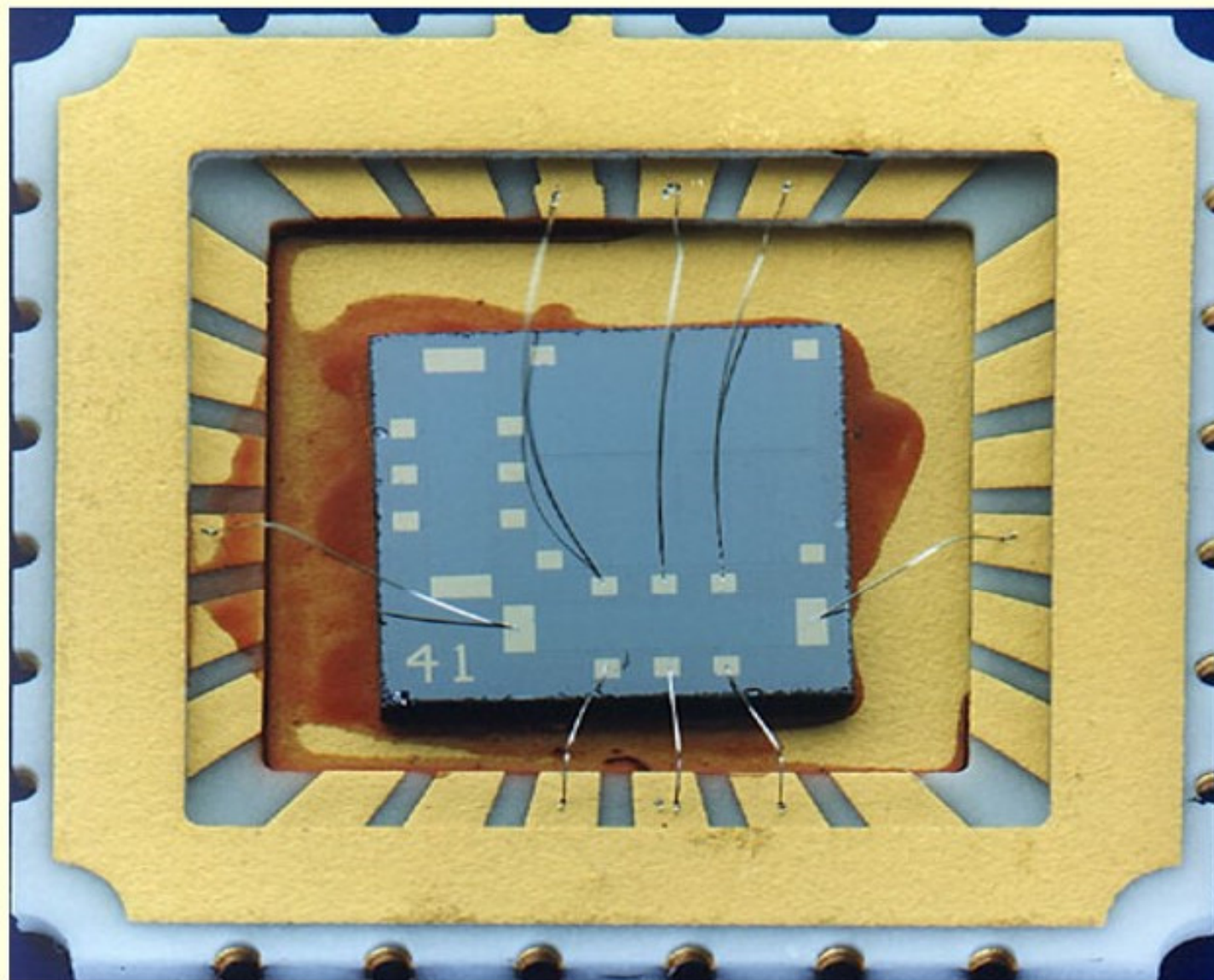
---

- K. fon Klitcingas tyrinėjo magnetinio lauko įtaką lauko tranzistoriaus inversinio sluoksnio dvimačių elektronų dujų laidumui ir užregistravo laiptuotą Holo varžos priklausomybę nuo lauko elektrodo (užtūros) įtampos.
- Holo varžos laiptukai atsiranda tose vietose, kur išilginė varža virsta nuliu, o tai reiškia, jog laiptuko dydis nelabai priklauso nuo bandinio matmenų, ir jei Holo elektrodai būtų išdėstyti nevisiškai statmenai inversinio sluoksnio srovei, tai vis vien būtų matuojama tik Holo varža.



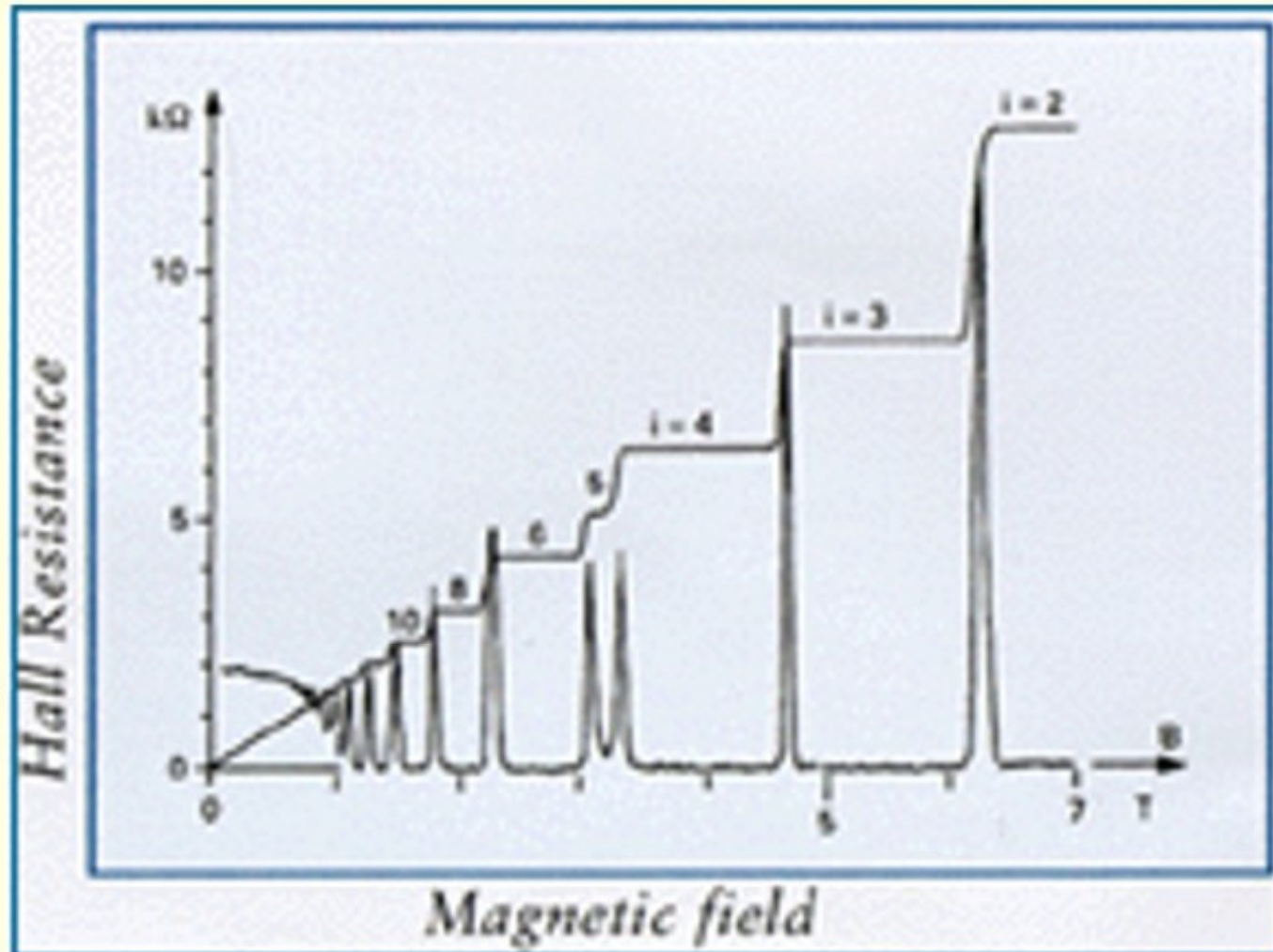
# Varžos etalonas. Kvantinis Holo efektas

---

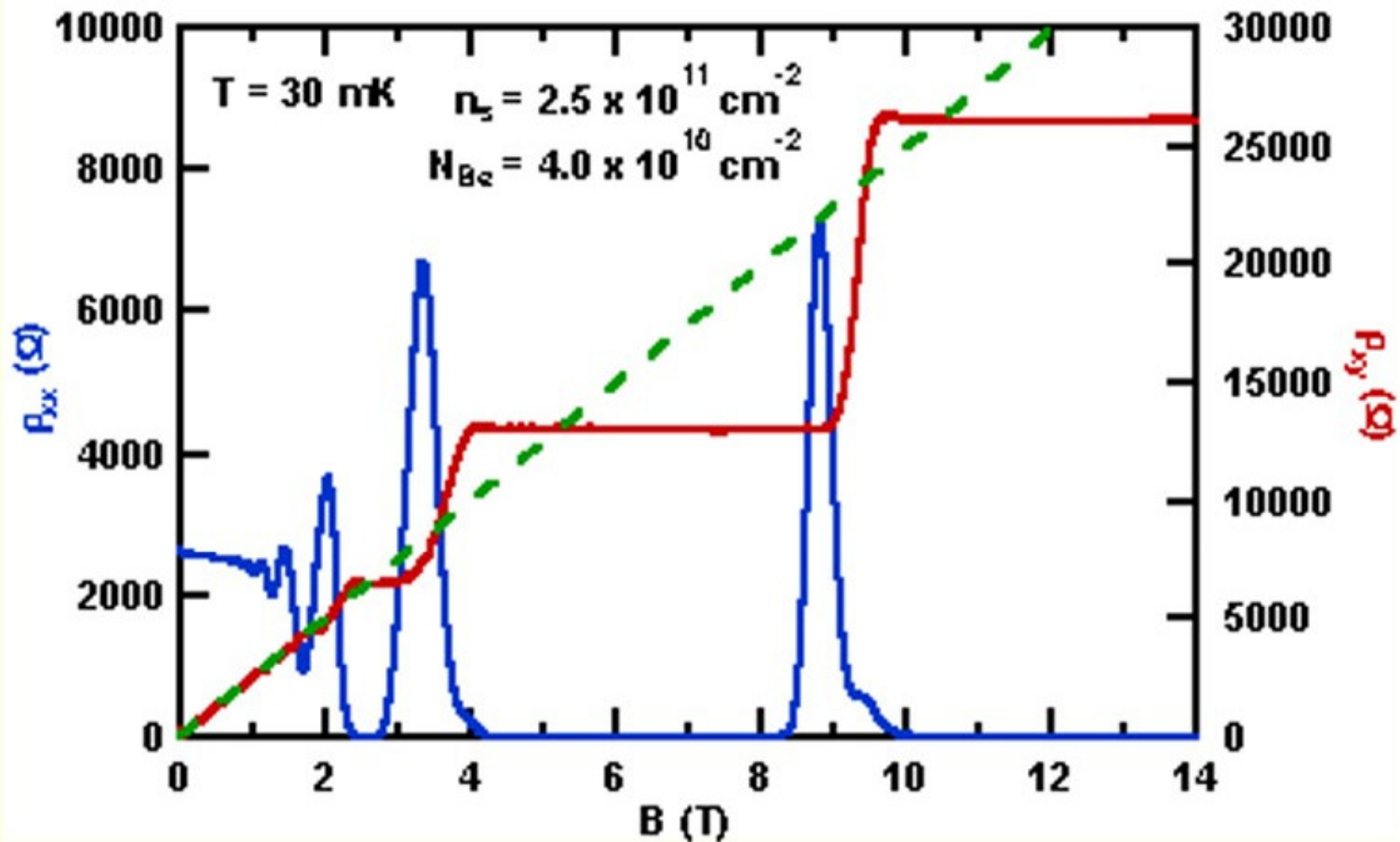




# Kvantinis Holo efektas



# Kvantinis Holo efektas



# Kvantinis Holo efektas

---

- Fon Klitcingo konstanta:  
25815, 807449(86)  $\Omega$



# Kvantinio holo efekto varžos etalonas

---

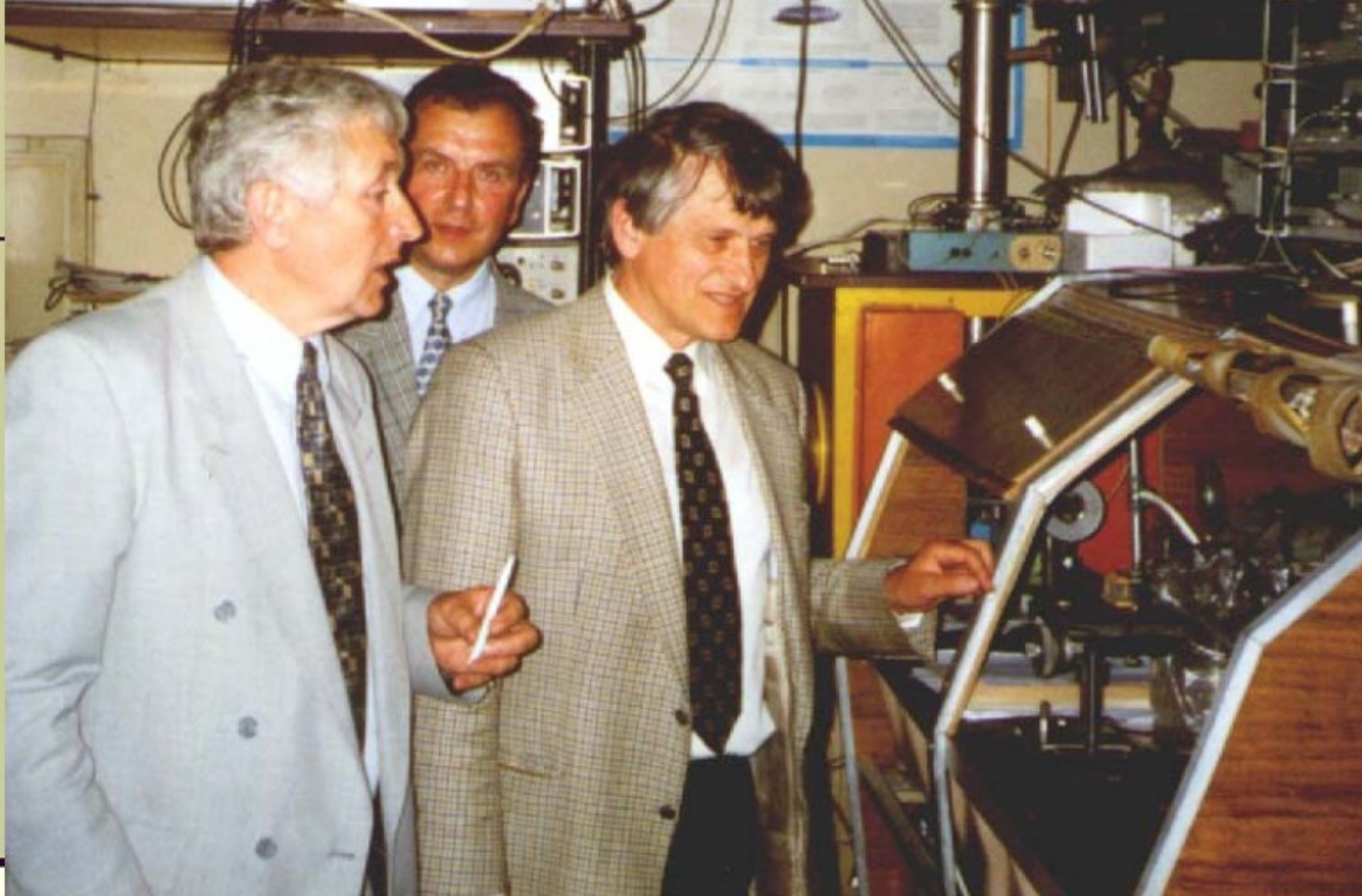


## Kvantinio holo efekto varžos etalonas

---

- Kaip teigė Nobelio premijos laureatas prof. K. fon Klitcingas, 2000 m. rugpjūčio 11 d. skaitydamas paskaitą Vilniaus universitete, kvantiniu Holo efektu grindžiami varžos etalonai yra bent dviem eilėmis tikslesni už iki šiol naudotus metalinius varžos etalonus.





Nobelio premijos laureatas Klausas fon Klitcingas apžiūri Vilniaus universiteto Puslaidininkių fizikos katedroje fotoimpulsinio Holo efekto matavimo aparatūrą.

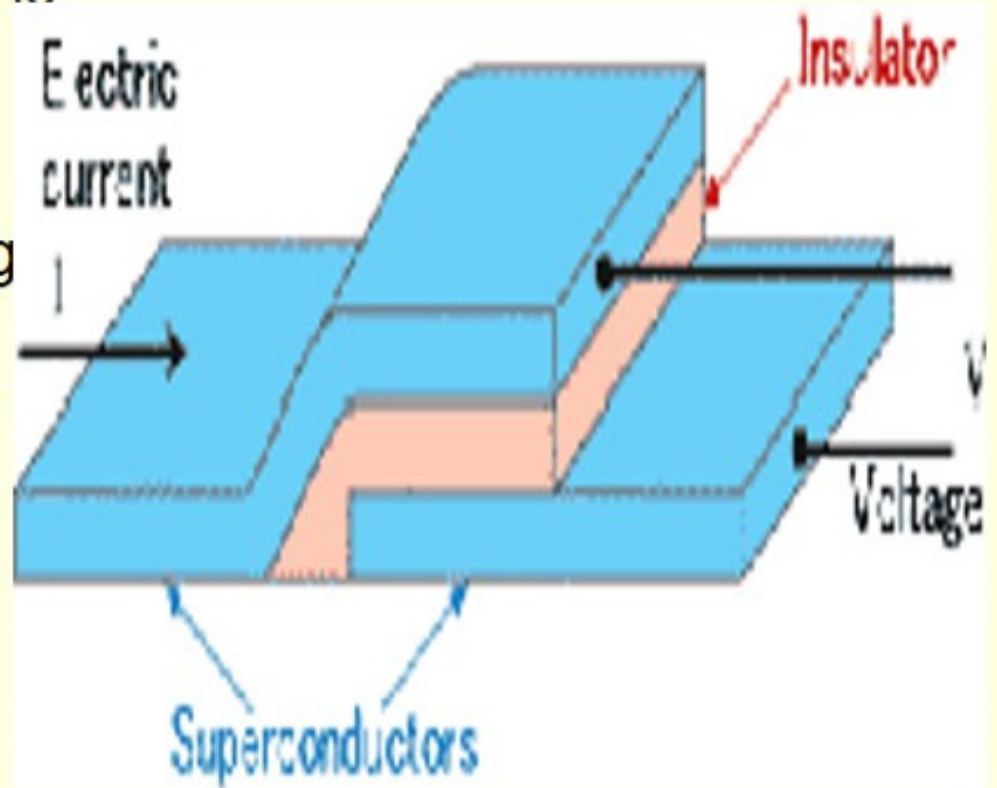


# Įtampos etalonas. Voltas

- Elektrinius matavimo vienetus galima susieti su elementariuoju krūviu  $e$  ir Planko konstanta  $h$ .
- Jei per du superlaidininkus, sujungtus labai plonu dielektriko sluoksniu, leisime nuolatinę elektros srovę, ir tuo pat metu paveiksime dažnio  $f$  mikrobanga, tai ampervoltinėje charakteristikoje atsiranda įtampos šuolis
- $U = n h / (2 e f)$ , čia  $n = 1, 2 \dots$ ,  $e$  – elementarusis krūvis,  $h$  – Planko konstanta
- Dydis  $2 e / h$  vadinamas Džosefsono konstanta.
- $G_0 = (483597,879 \pm 0,041) 10^{-9} \text{ Hz/V}$
- Apytiksliai lygi  $5 \cdot 10^{14} \text{ Hz/V}$ .

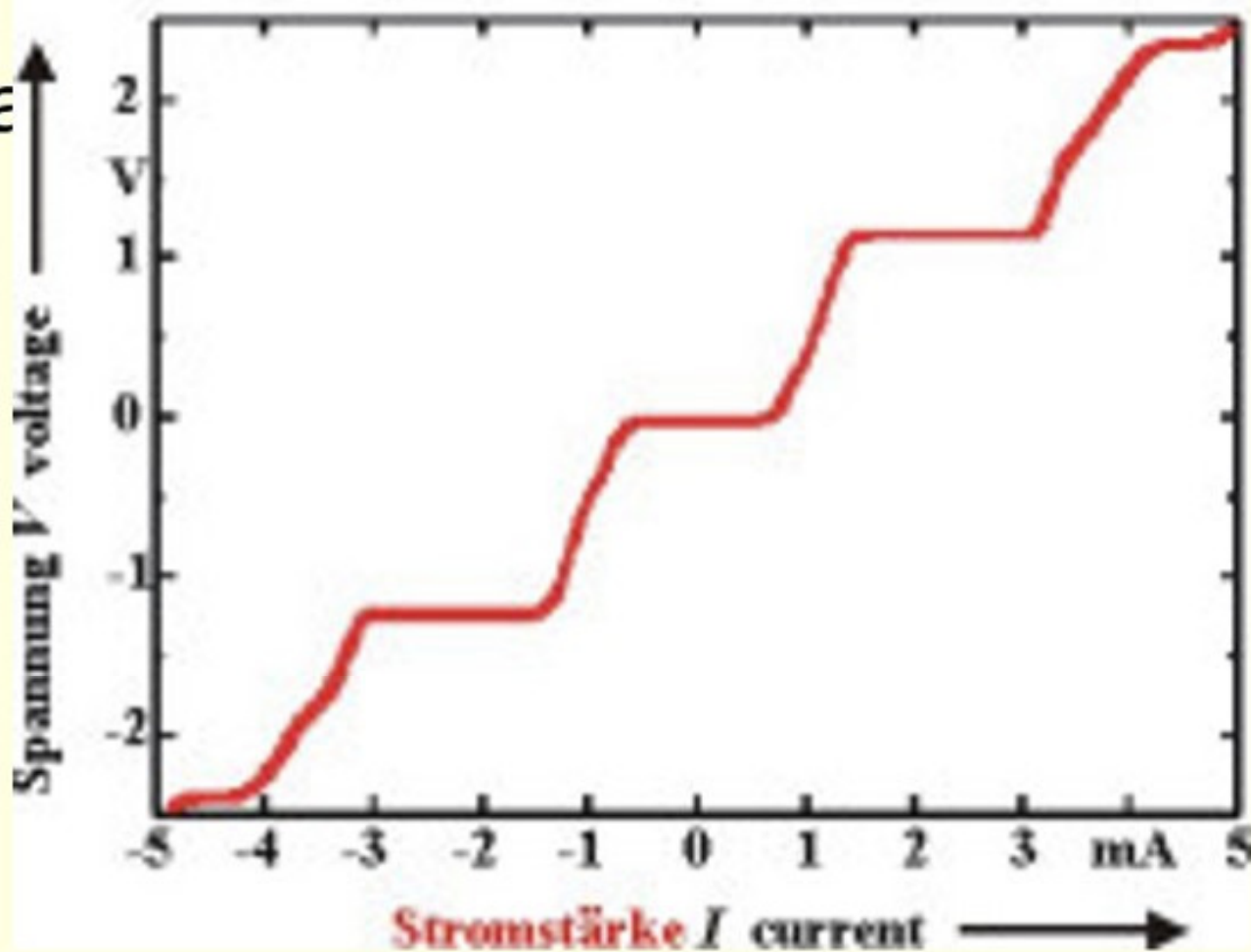
# Josephson Effect

When a thin layer of insulator is sandwiched between two superconductors, until the current becomes certain volume, electrons pass through the insulator as if it does not exist. This phenomenon can be applied to the switching devices that conduct on-off operation at high speed.



# Ūtampos etalonas. Džosefsono efektas

- Ampervoltinė charakteristika





## Įtampos etalonas. Džosefsono efektas

---

- Džosefsono kontaktu galima gauti kelių milivoltų įtampa. Sudarius Džosefsono kontaktų bateriją galima gauti iki 15 V įtampą.
- Santykinė įtampos atkūrimo neapibrėžtis yra apie  $10^{-9}$ .

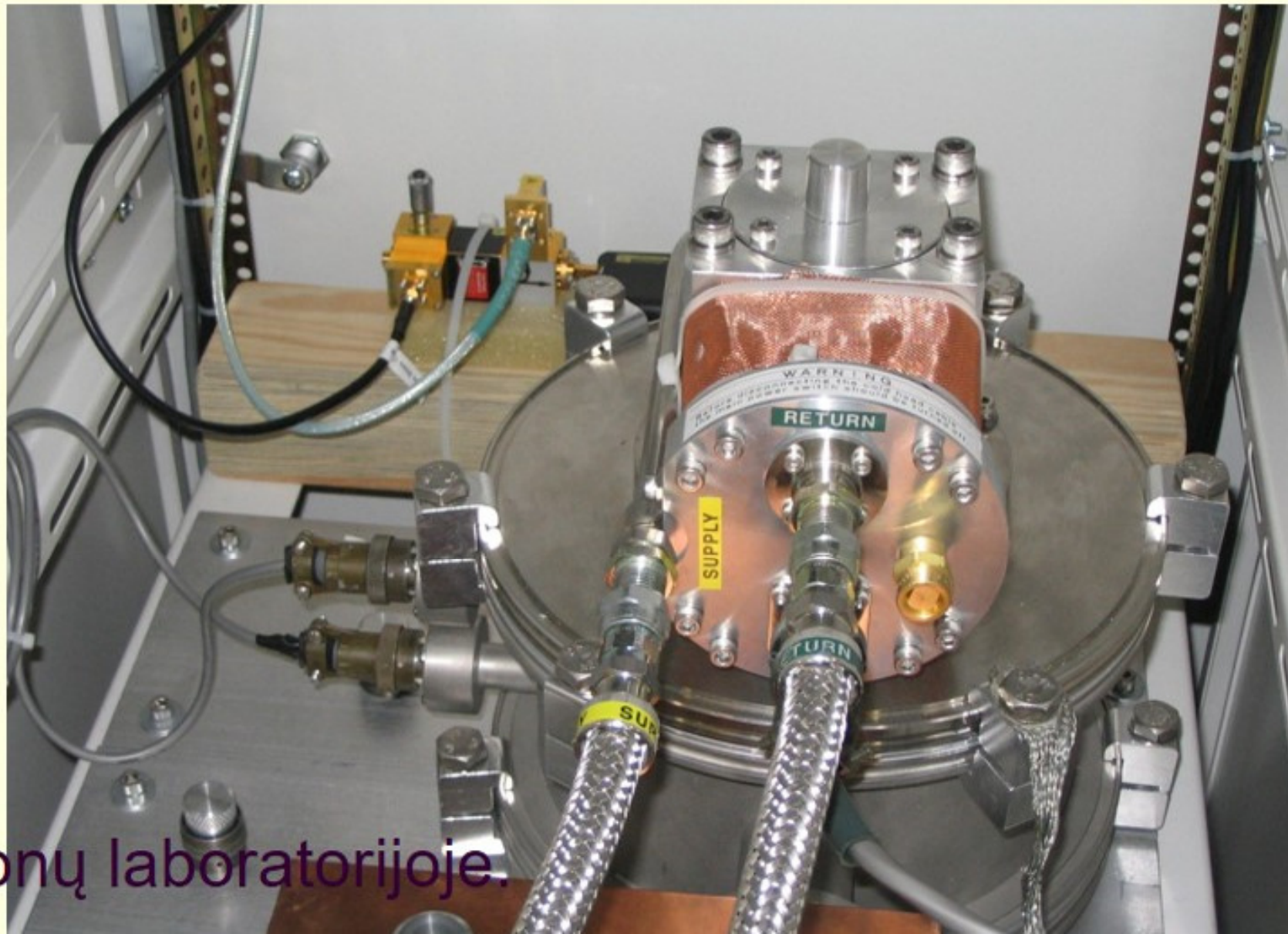
# Įtampos etalonas. Džosefsono efektas



MTMI Etalonų laboratorijoje.



# Įtampos etalonas. Džosefsono efektas



MTMI Etalonų laboratorijoje.



# Elektrinių dydžių etalonai

---

- Naudojant Džozefseno efektą ir kvantinį holo efektą, galima atkurti įtampą  $nV$  iki  $MV$ , galią nuo  $nW$  iki  $TW$  ir srovę nuo  $pA$  iki  $kA$ .

# Šviesos stiprio etalonas.

## Kandela



- Kandela yra šviesos stipris tokio šaltinio, kuris tam tikra kryptimi skleidžia viendažnę

$540 \times 10^{12}$  hercų dažnio (bangos ilgis 555 nm)  
1/683 vato steradianui stiprio spinduliuotę.\*

Steradianas (sr)– erdvinio kampo matavimo vienetas: 1 sr - tai erdvinis kūgio kampas, išpjaunantis sferos paviršiuje figūrą, lygiaplotę kvadratumui, kurio kraštinė lygi šios sferos spinduliui.

\* pateiktas šviesos stiprio vieneto apibrėžimas iš LST ISO 31-6.



# Šviesos stiprio etalono istorija



- Vystantis pramonei ir gamybai 19 amžiaus pabaigoje ir 20 pradžioje tapo aktualu matuoti šviesos šaltinių parametrus ir garantuoti matavimo vienovę. Iš pradžių kiekviena šalis turėjo savo menkai atkartojama šviesos stiprio etaloną, ir tik nuo 1909 metų kai prasidėjo šviesos stiprio vieneto vienodinimas tarptautiniu mastu, Jungtinių Amerikos Valstijų, Prancūzijos ir Didžiosios Britanijos Valstybinės metrologijos laboratorijos nutarė priimti šviesos stiprio vieneta - "tarptautinę žvakę". Tarptautinė žvakė buvo kaitinamo anglinio siūlo lempa.
- Vokietija tuo tarpu šviesos stiprio vienetu laikė "Hefnerio (Hefner) žvakę" paremta liepsna, kuri buvo lygi apie devynias šimtasias tarptautinės žvakės.
- Bet etalonai, kurie padaryti iš baltai įkaitinto siūlo lempų arba iš liepsnos, niekada nebuvo labai stabilus, todėl buvo gana laikini.



# Šviesos stiprio etalono istorija



- Remiantis “juodojo kūno” teorija apie 1933 metus buvo pasiūlytas fotometriniams dydžiams įvertinti naujas būdas. Tai buvo Planko (Planck) radiatorius arba kitaip “juodasis kūnas” (visiškas spinduolis) padarytas iš stingstančios platinos (jos lydymosi temperatūra 2045 K) ir pavadintas “naujoji žvakė”.
- Stingstančios platinos etalonas buvo pradėtas rengti Tarptautinės apšvietimo komisijos (International Commission on Illumination, CIE) ir Tarptautinio svarsčių ir matų komiteto (Comité international des poids et mesures, CIPM) apie 1937 metus ir Tarptautinio svarsčių ir matų komiteto buvo paskelbtas 1946 metais. Jis buvo ratifikuotas 1948 metais Tarptautinė svarsčių ir matų generalinės konferencijos (Conférence générale des poids et mesures, CGPM) ir nuo tada buvo priimtas naujas tarptautinis šviesos stiprio vieneto vardas – kandela (jos simbolis cd). Tryliktoji Tarptautinė svarsčių ir matų generalinė konferencija 1967 metais patikslino 1946 metų kandelos apibrėžimą.



# Šviesos stiprio etalono istorija



- Atsižvelgdama į sudėtingas eksperimento sąlygas, kurias būtina įvykdyti realizuojant Planko radiatorių, turintį aukštoje temperatūroje besilydančios platinos, taip pat į naujas galimybes, kurias teikia radiometrija, 1979 metais šešioliktoji Tarptautinė svarsčių ir matų generalinė konferencija priėmė dabar tebegaliojantį naują kandelos apibrėžimą.
- Šiuo metu vienos valstybės laiko pirminį šviesos stiprio vieneto etaloną – “juodąjį kūną” iš stingstančios platinos, ir antrinius etalonus – volframinių siūlų elektros srove kaitinamų lempų, kitos - kriogeninius radiometrų ir fotodiodų rinkinius.

# Šviesos stiprio etalono istorija

---



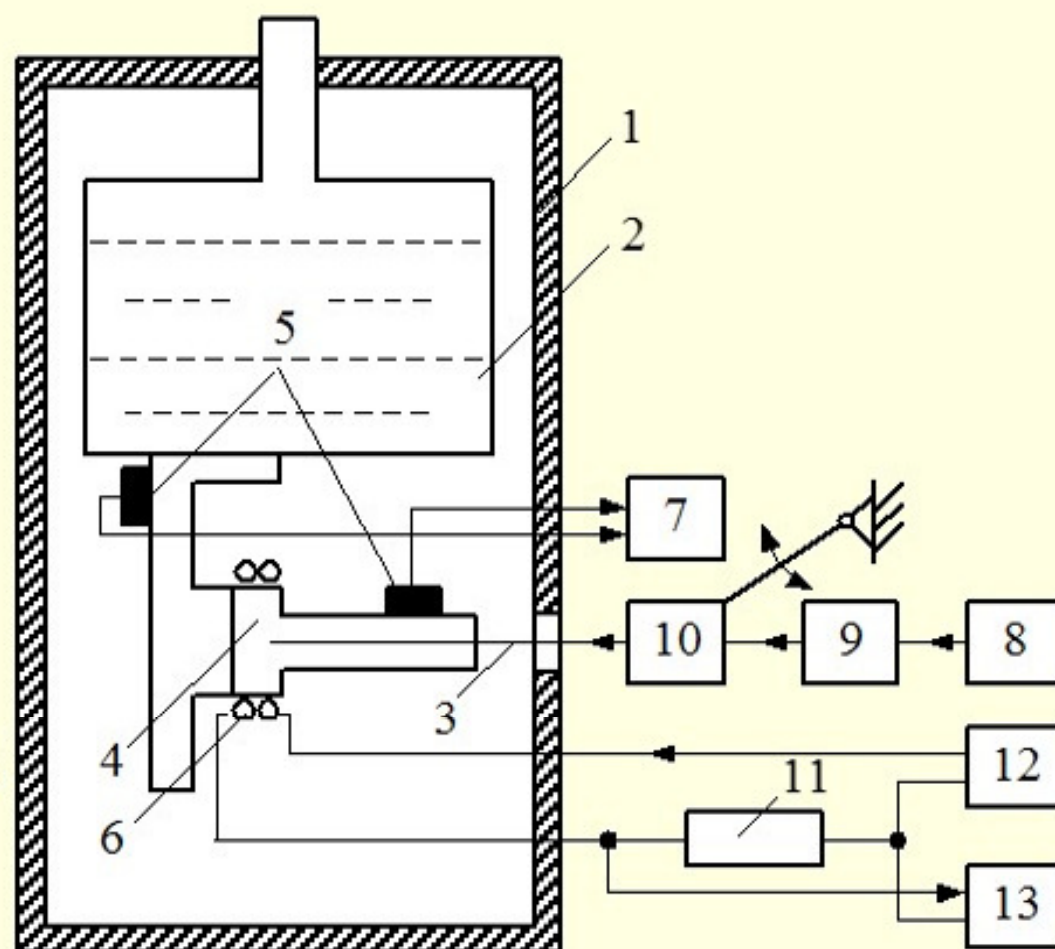
- Tiksliausiu etalonu pripažintas Tarptautinio svarsčių ir matų biuro (Bureau international des poids et mesures, BIPM) pirminis etalonas – absoliutusias kriogeninis radiometras. Papildomai prie šio kriogeninio radiometro šviesos stiprio vienetui perduoti yra vartojami silicio fotodiodų rinkiniai, kurie yra darbiniai arba tarpiniai etalonai. Kai kurie iš tų fotodiodų yra vadinamieji gaudikliniai detektoriai, sudaryti iš kelių silicio fotodiodų sumontuotų taip, kad po daugelių atspindžių beveik visą patekusi energiją transformuojama į elektrinį signalą. Šiuo metu vykdomi moksliniai tyrimai, kurių tikslas yra toliau didinti etalonų tikslumą ir sumažinti etalonų palyginimo proceso daromas matavimų paklaidas.



# Šviesos stiprio etalonai

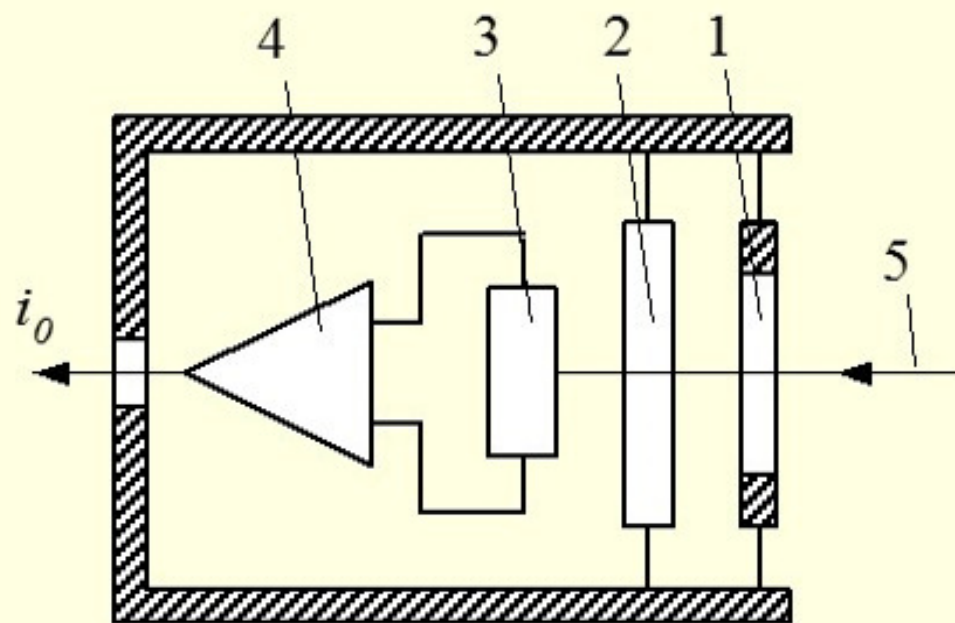
## Kriogeninio radiometro sandaros schema:

1 – kriostatas; 2 – skystas helis; 3 – matuojamasis srautas; 4 – matavimo ertmė; 5 – rezistoriniai termometrai; 6 – kaitintuvas; 7 – temperatūros matuoklis; 8 – stabilizuotas lazeris; 9 – erdvinis filtras; 10 – etalonuojamas detektorius; 11 – matavimo rezistorius; 12 – nuolatinės srovės šaltinis; 13 – skaitmeninis voltmetras



# Šviesos stiprio etalonai

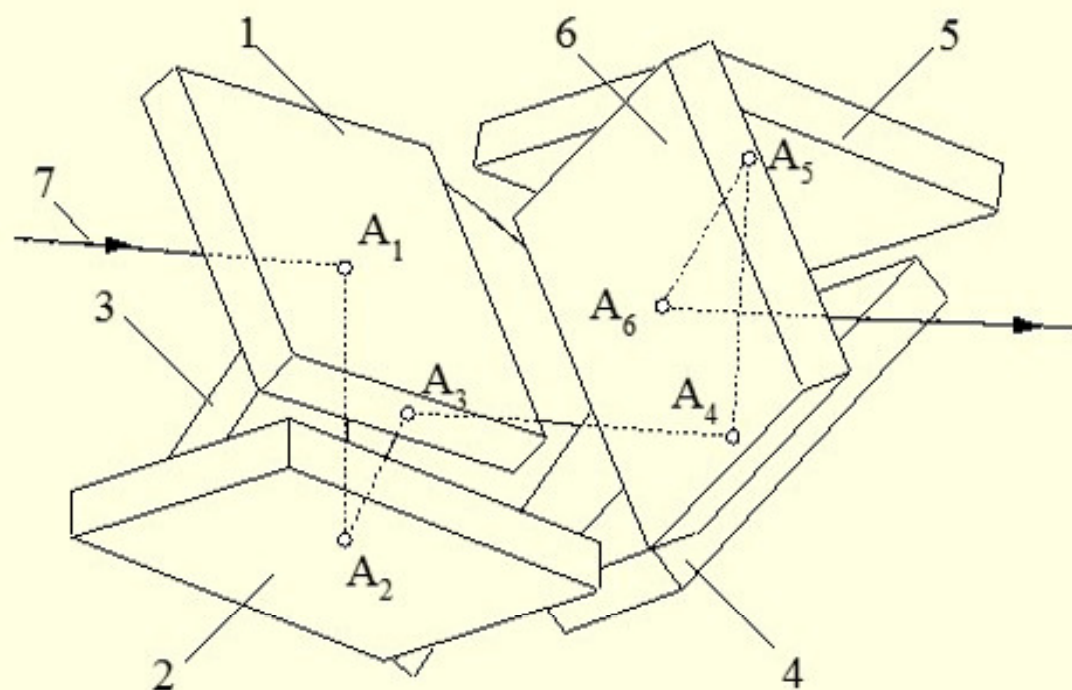
- Detektorinis kandelos etalonas – fotometras:
- 1 – apertūra; 2 –  $V(\lambda)$  filtras; 3 – spinduliuotės imtuvas; 4 – srovės stiprintuvas; 5 – šviesos srautas



# Šviesos stiprio etalonai

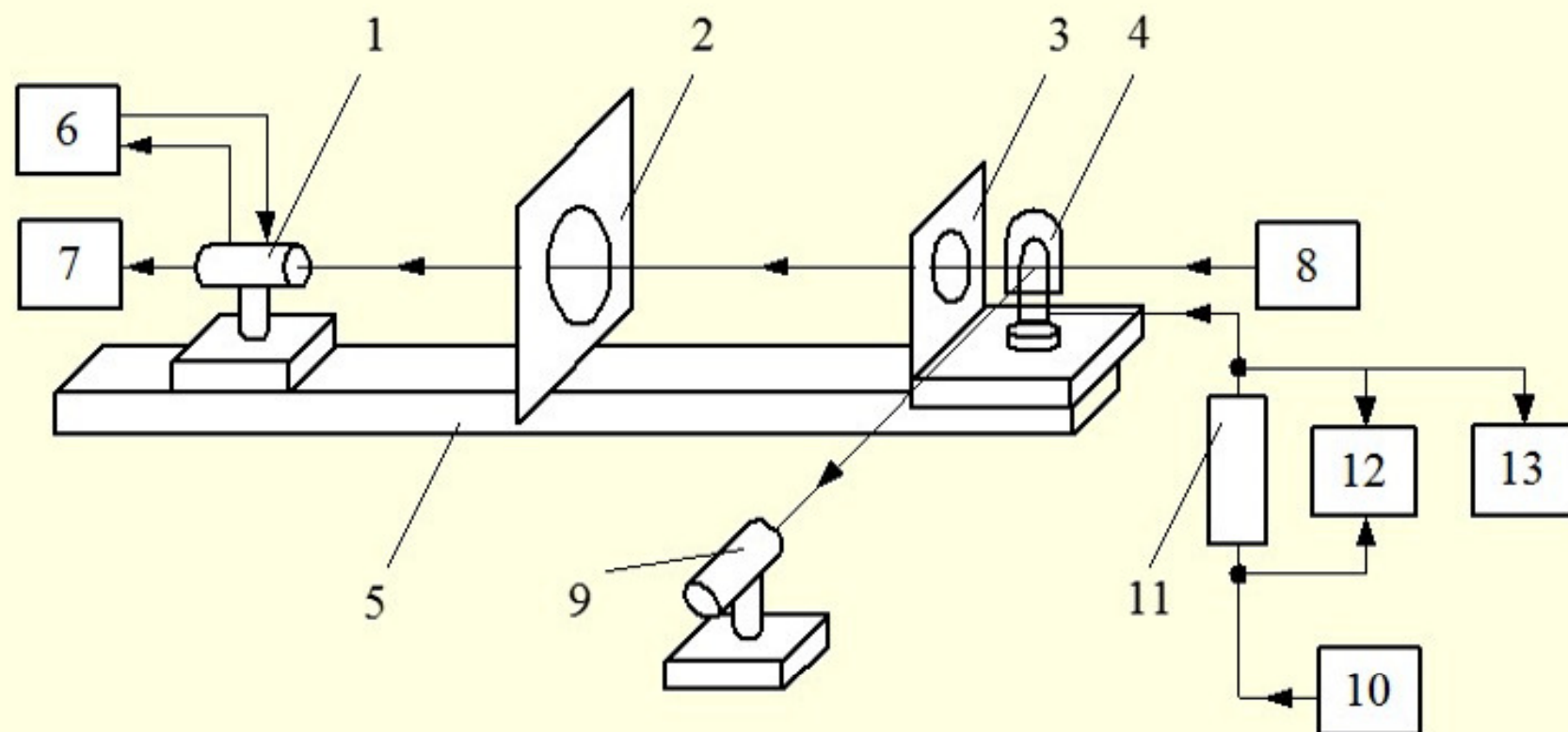
■ Pralaidusis gaudyklinis detektorius:

■ 1 ... 6 – plokštieji fotodiodai; 7 – šviesos spindulio kelias; A1 ... A6 – šviesos spindulio atspindžio nuo atitinkamų fotodiodų taškai





# Šviesos stiprio vieneto perdavimas



- Šviesos stiprio, skaisčio ir apšvietos dydžių perdavimo įrenginys:
- 1 – fotometras; 2 – ekranas su diafragma; 3 – difrakcinis veidrodis; 4 – matavimo lempa; 5 – optinis suolas; 6 – temperatūros reguliavimo ir stabilizavimo įrenginys; 7 – srovės matuoklis; 8 – lazeris; 9 – teleskopas; 10 – nuolatinės srovės šaltinis; 11 – matavimo rezistorius; 12, 13 – voltmetrai

# Šviesos stiprio etalono ateitis

---

- Metrologijoje siekiama turėti kuo mažiau nepriklausomų pagrindinių vienetų ir ieškoma tikslaus jų tarpusavio ryšio, todėl Tarptautinio svarsčių ir matų komiteto tvirtinimas, kad 1 W galios  $540 \cdot 10^{12}$  Hz ( $\lambda=555$  nm) dažnio spinduliuotės srautas, turintis didžiausią šviesinio veiksmingumo vertę, yra tapatus 683 lm, sudarė galimybę šviesos stiprio vienetą perkelti į išvestinių vienetų sąrašą.
- Tačiau 1979 m. vykusioje Tarptautinėje svarsčių ir matų generalinėje konferencijoje nors patvirtino dabar galiojantį kandelos apibrėžimą paliko šį vienetą pagrindinių vienetų sąrašė.
- Taigi netolimoje ateityje, didėjant radiometrinių matavimų tikslumui, tikėtina, kad bus atsisakyta šviesos stiprio etalono, o pats vienetas galės tapti išvestiniu



# Laiko etalonas

---

- Iki 1956 metų sekundė, kaip laiko vienetas, buvo apibrėžiama kaip laiko intervalas, atitinkantis vidutinės Saulės paros  $1/86\,400$  dalį.
- Vidutinė Saulės para – tai laiko tarpas tarp dviejų gretimų vidutinės Saulės vienavardžių kulminacijų. Tikslus „vidutinės Saulės paros“ apibrėžimas buvo astronominių teorijų pagrindas. Tačiau matavimai parodė, kad teorija negali atsižvelgti į Žemės sukimosi netolygumus ir šis apibrėžimas neleidžia reikalingu tikslumu įvertinti sekundės.



# Laiko etalonas

---

- Siekdama apibrėžti laiko vienetą tiksliau, 1960 metais 11-oji Generalinė svorsčių matų konferencija (CGPM) (9 nutarimas, 1960 m.) priėmė Tarptautinės astronomų sąjungos (IAU) pateiktą apibrėžimą, kuris rėmėsi atogražos metais.

# Laiko etalonas

---

- Eksperimentinis darbas parodė, kad kvantinio šuolio tarp dviejų energijos lygių atome ar molekulėje dažnis gali būti atkurtas dar tiksliau.
- Atsižvelgdama į tai, kad Tarptautinei vienetų sistemai (SI) yra būtinas labai tikslus laiko vieneto apibrėžimas, 13-oji CGPM (1967-1968, 1 nutarimas) pakeitė sekundės apibrėžimą tokiu:

# Laiko etalonas

---

- ***Sekundė lygi spinduliuotės, atitinkančios kvantinį šuolį tarp cezio-133 atomo pagrindinės būsenos dviejų hipersmulkiosios sandaros lygmenų, 9 192 631 770 periodų trukmei***
- Lietuvoje sekundės ir dažnio apibrėžimai įteisinti 1996 m. Lietuvos standartu LST ISO 31-2:1996.



# Dažnio etalonas

---

- Nuo laiko vieneto sekundės neatsiejamas dažnio vienetas hercas. Jis nusakomas šiuo apibrėžimu:
- ***1 Hz yra periodinio reiškinių, kurio periodas lygus 1 s, dažnis.***

# Kiti etalonai

---

- Dar yra:
- medžiagos kiekio etalonas,
- termodinaminės temperatūros etalonas.

# Technologiniai vyksmai ir matavimai

dr. Gytis Sliaužys