



РЕДЕФИНИЦИЈА АМПЕРА





Агенда међународне активности 2017-2019

- 20. 10. 2017. - 106. састанак CIPM - усвојена резолуција која препоручује редеофиниције основних мерних јединица SI (килограма, ампера, келвина и мола) које се заснивају на утврђеним вредностима четири природне константе
- Ове препоруке су упућене CGPM, надлежној да надгледа SI
- Новембар 2018. - усвајање коначног међународног споразума
- 20. мај 2019. - Светски дан метрологије, нове дефиниције основних мерних јединица званично ступају на снагу



ДМДМ промоција новог SI

- ❑ SI заснован на инваријантним природним константама је резултат вишегодишњег теоријског и експерименталног рада многих научника који су у својим НМИ применом квантне метрологије остварили револуционарни помак у стварању једног савременог SI
- ❑ ДМДМ је као представник РС у међународним телима препознао изузетан значај одлуке успостављања везе свих мерења са непроменљивим природним константама
- ❑ Директор ДМДМ донео одлуку да промовише нови SI - велики корак за цео свет мерења - Резолуција о редифиницији основних јединица SI која је на предлог CIPM усвојена од CGPM 16. новембра 2018.
- ❑ ДМДМ тим за промоцију



Шта подразумева ревизија SI?

Изражавање основних јединица и остваривање њихове директне везе са нумеричким вредностима природних константи:

- килограм - Планкова константа (h)
- ампер - елементарно наелектрисање (e)
- келвин - Болцманова константа (k)
- мол - Авогадрова константа (N_A)

Остале основне јединице већ су дефинисане и изражене математичким формулама којима је успостављена директна веза ових јединица са природним константама.

Резултат: -једноставнија дефиниција SI система
- униформно изражене јединице

Материјални артефакт - међународни прототип килограма одлази у историју

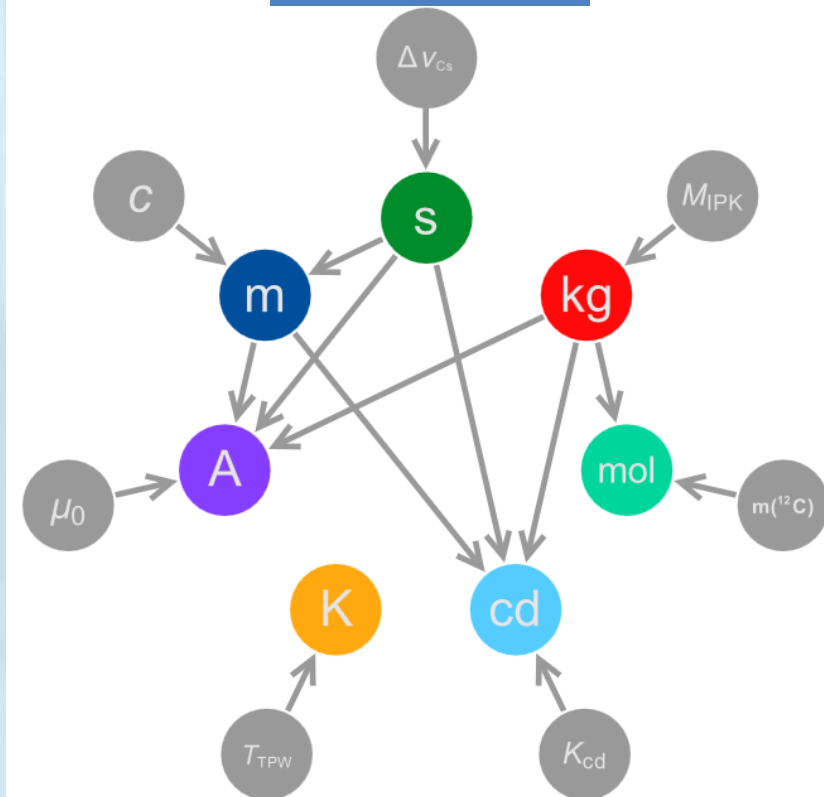


Стари SI

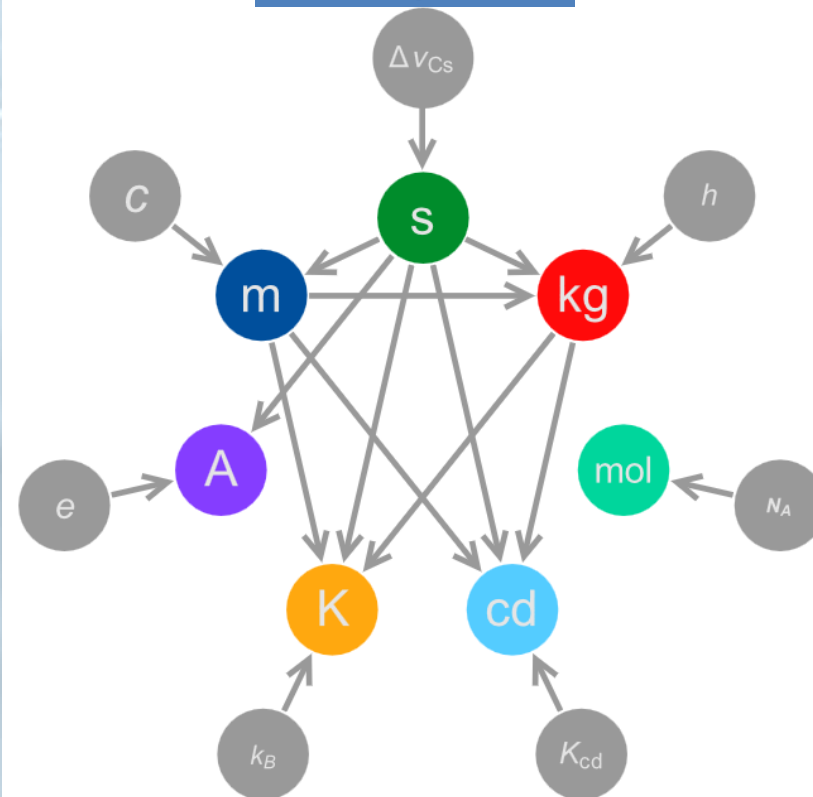


Нови SI

19. мај 2019.



20. мај 2019.





Основа редеофинисаних SI јединица природне константе

- Фреквенција прелаза између два непертурбована хиперфина нивоа основног стања атома Цезијума $133 \Delta \nu_{\text{Cs}} 9192631770 \text{ Hz}$
- Брзина светлости у вакууму $c 299\,792\,458 \text{ m/s}$
- Планкова константа $h 6,62607015 \times 10^{-34} \text{ J/s}$
- Елементарно наелектрисање e је $1,602176634 \times 10^{-19} \text{ C}$
- Болцманова константа k је $1,380649 \times 10^{-23} \text{ J/K}$
- Авогадрова константа N_A је $6,02214076 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Светлосна ефикасност K_{cd} монохроматског зрачења фреквенције $540 \times 10^{12} \text{ Hz}$ од 683 lm/W



Квантно унапређење у мерењима

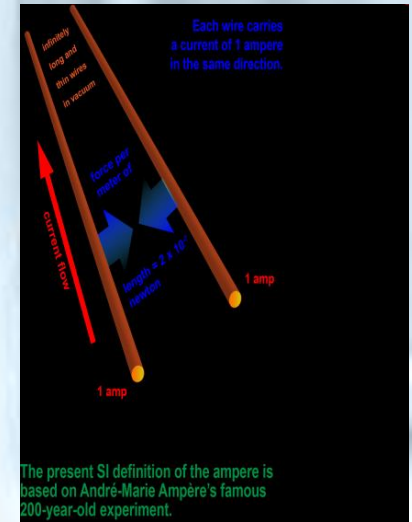
Коришћење природних константи за дефинисање SI омогућава научној заједници и свим заинтересованим странама:

- ✓ прецизније резултате мерења у широком опсегу почев од најмањих до највећих вредности
- ✓ повезивање кључних мерења на атомској (и квантној) скали са мерењима која се спроводе на макроскопском нивоу која су се до сада спроводила коришћењем индиректних метода.



Електрицитет и ампер кроз историју

- Назив добила по физичару Андре Мари Амперу
- Прва дефиниција преко уређаја званог сребрни волтметар
- Дефиниција усвојена 1948. заснивала се на класичној физици из 19. века
- Званично је ампер тек 1960. године постао седма основна јединица међународног SI система
- Развој квантне физике довео до истраживања и омогућио нови приступ дефинисању ампера
- Ампер се сада дефинише тако што се усваја тачна нумеричка вредност елементарног наелектрисања



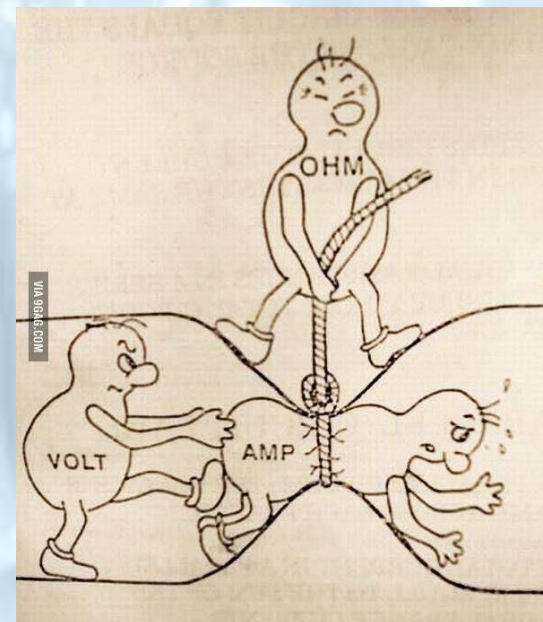


АМТЕР

ЈЕДИНИЦА ЕЛЕКТРИЧНЕ СТРУЈЕ

Стара дефиниција:

Ампер је стална електрична струја која би, када би се одржавала у два права паралелна проводника, **неограничене дужине** и **занемарљиво малог** кружног пресека, који се налази у вакууму на међусобном растојању од једног метра, проузроковала међу тим проводницима силу једнаку 2×10^{-7} Њутна по метру дужине (CIPM (1946), Résolution 2 CGPM (1948)).



Нова дефиниција:

Ампер се редеофинише тако што се усваја тачна нумеричка вредност елементарног наелектрисања $e = 1,602176634 \times 10^{-19}$ C ($1C = 1A \cdot 1s$).



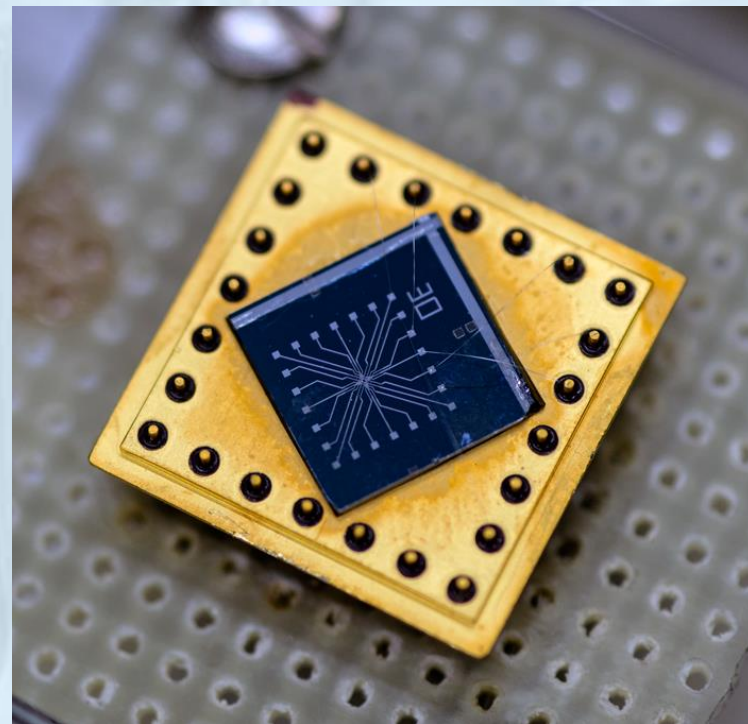
Практична реализација ампера

Континуиран рад на истраживању и унапређењу метода практичне реализације

Практична реализација - врло прецизно избројати екстремно велики број појединачних електрона

Званично је међународни комитет за тегове и мере усвојио и одобрио три методе за практичну реализацију јединице ампер:

- Помоћу Омовог закона - квантни троугао
- Помоћу релације између електричне струје, електричног напона, електричне капацитивности и времена
- SET (Single Electron Transport) - Транспорт електрона





Транспорт електрона - Single electron transport (SET)

Single electron transport pumping

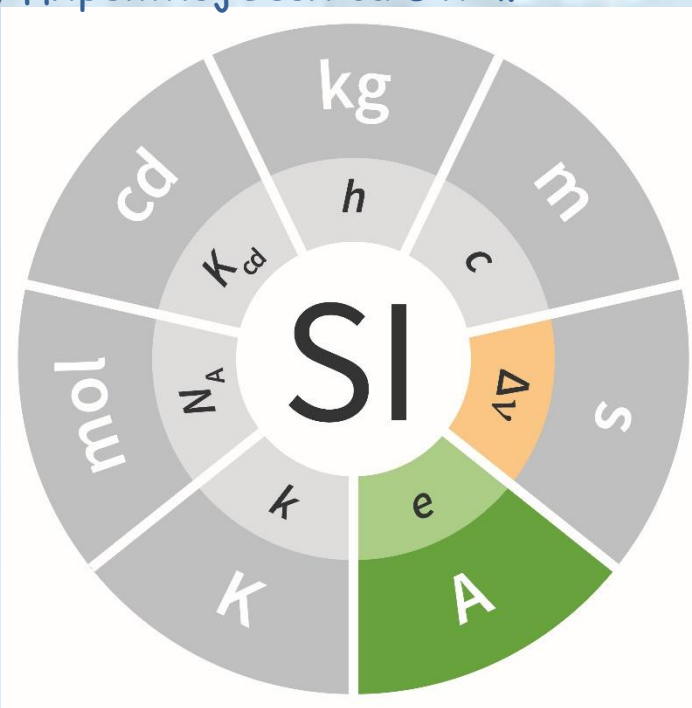


[How_It_Works_Single_Electron_Transport_Pumping_Video_Download.mp4](#)

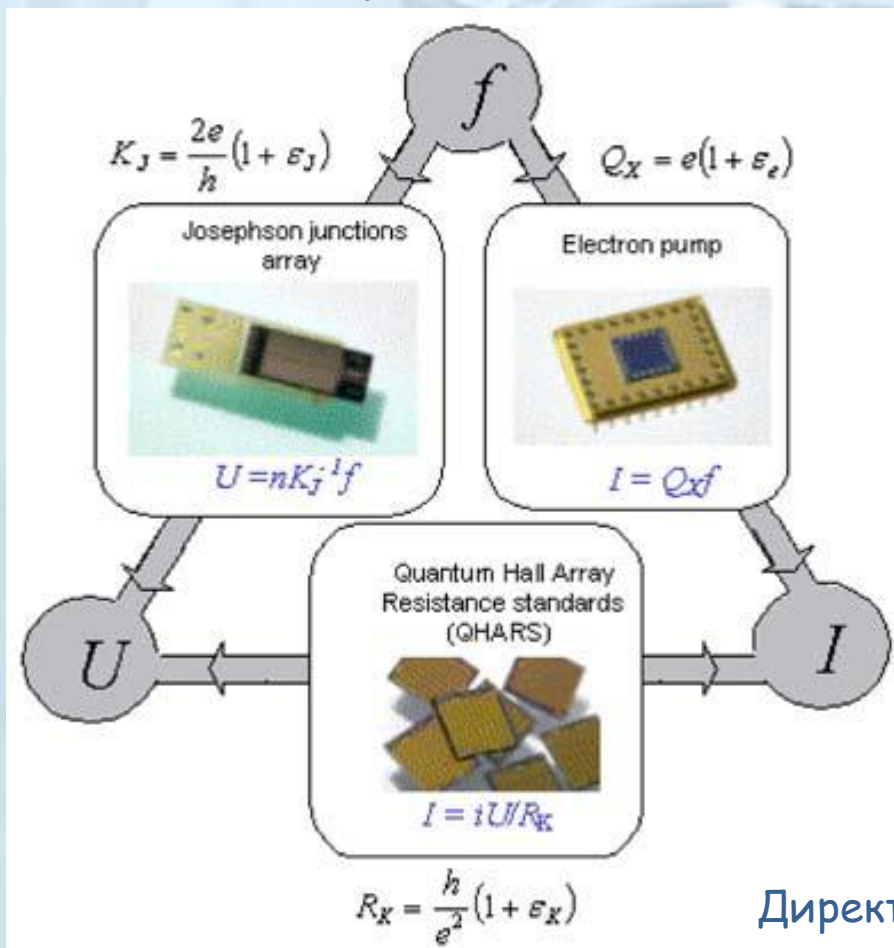


Квантна једносмерна електрична струја

- Експерименти квантне метрологије у области електрицитета не базирају се само на бројању појединачних електрона применом наноуређаја.
- Суперпроводна интегрисана кола омогућавају генерисање квантних вредности напона који су у директној вези са e , h и f .
- Полупроводнички уређаји засновани на квантном Hall-овом ефекту дају квантне вредности електричне отпорности које су такође у директној вези са e и h .
- У току су и истраживања која су фокусирана на реализацију квантних еталона погодних за примену у индустрији, лабораторијама за еталонирање итд.
- Континуалан теоријски и експериментални рад
- Поређење резултата из свих лабораторија
- Објављивање резултата
- **Промена у дефиницији ће представљати прекретницу у метрологији**
- Редефиниција ће бити спремна да подупре научне и технолошке изазове у 21. веку.



Експеримент квантног метролошког троугла



Квантни Ohm-ов закон

$$V_J = R_H * I_{SET}$$

V_J - Josephson напон

R_H - Hall отпорност

I_{SET} - струја коју генерише SET

Директно затварање квантог метролошког троугла

Принцип квантног метролошког троугла.

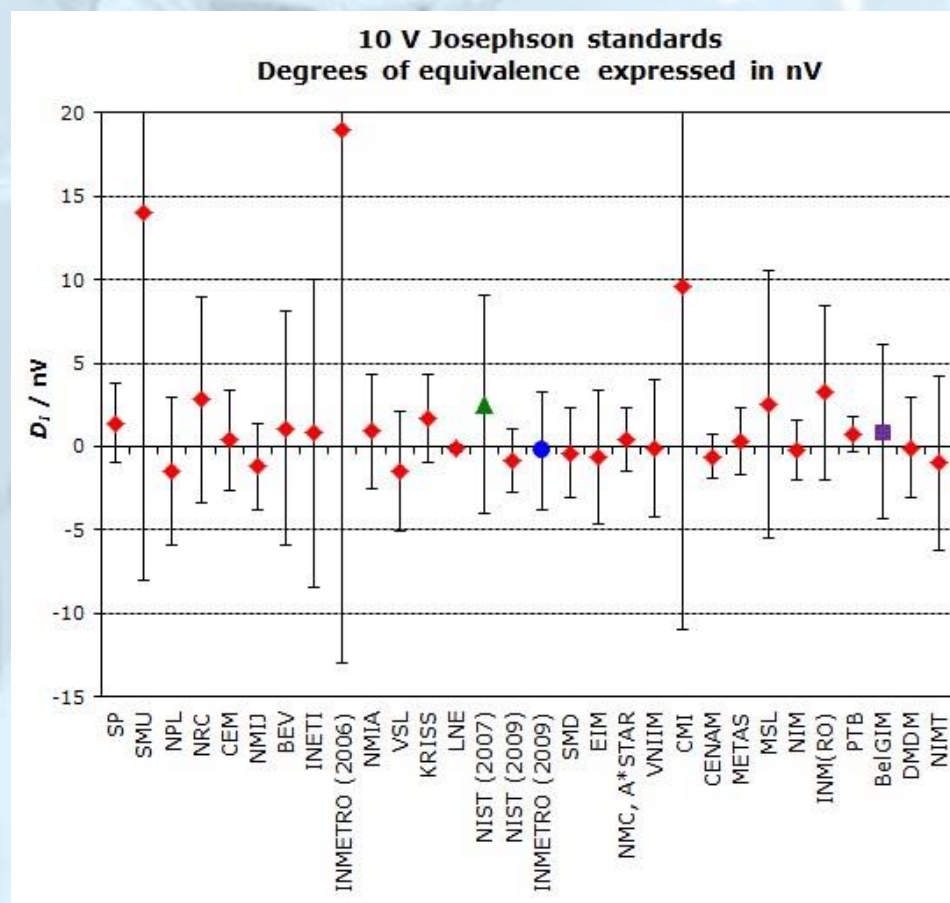


Национални/примарни еталон једносмерног електричног напона у РС заснован на Џосефсоновом ефекту



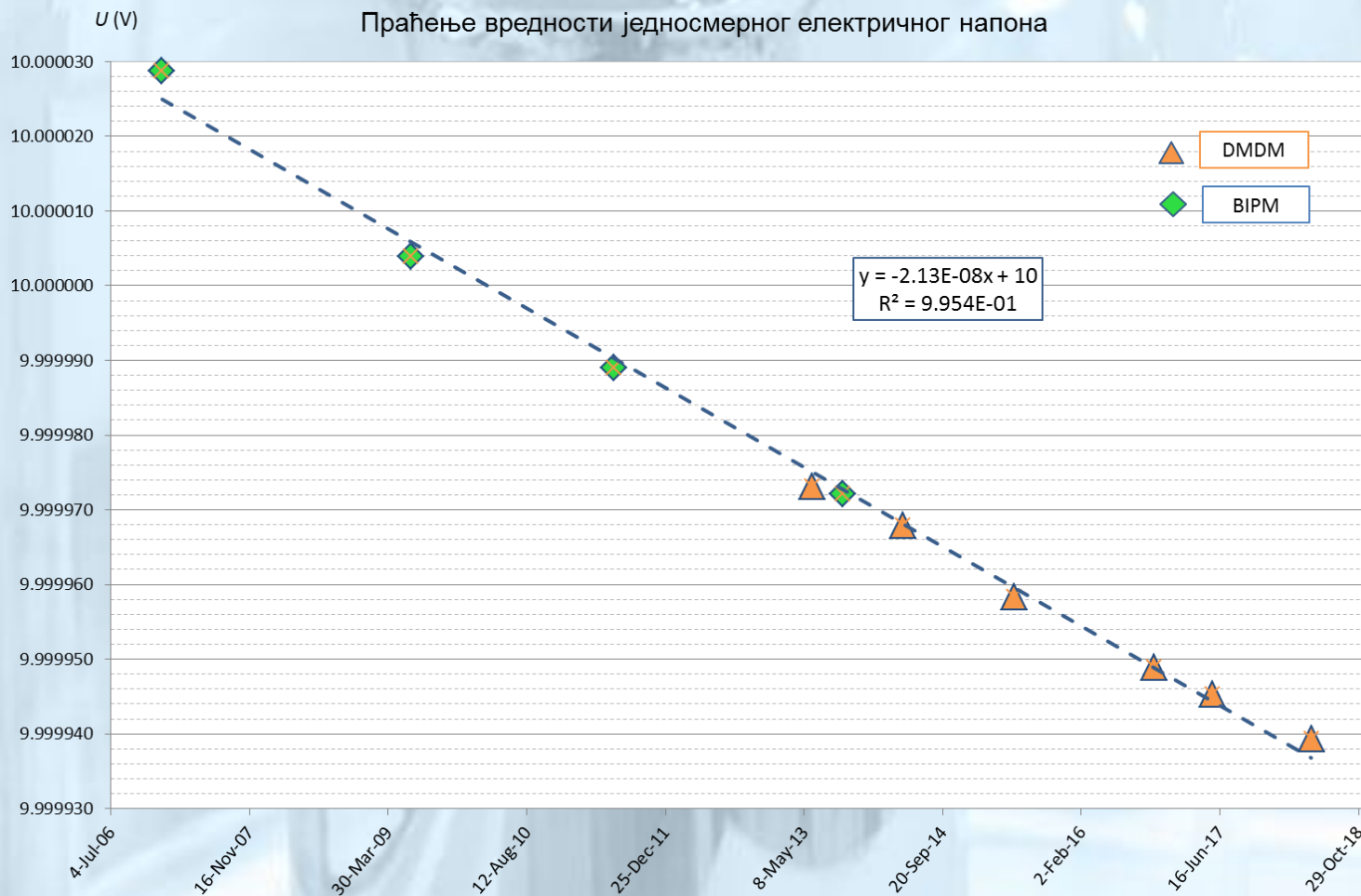


BIPM.EM-K10b, SIM.EM.BIPM-K10.b, SIM.EM.BIPM-K10.b.1 and COOMET.EM.BIPM-K10.b



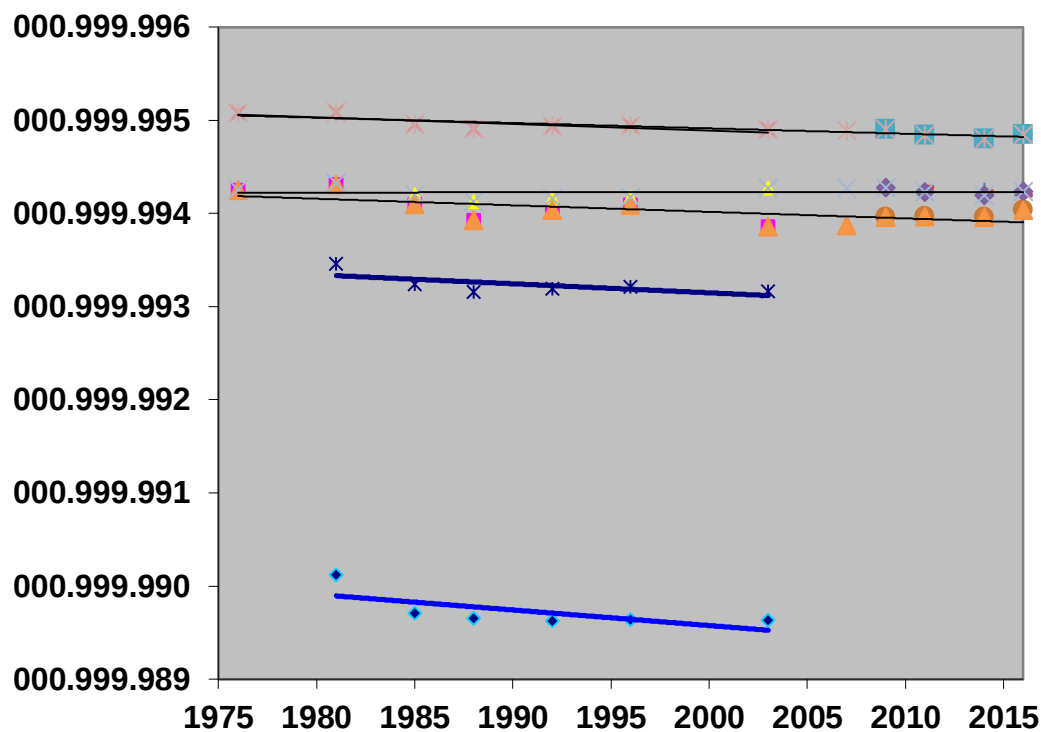


Праћење дугорочне стабилности Зенер еталона





Праћење вредности јединице електричне отпорности на основу поређења у ВІРМ





- У нашем свакодневном животу се после редифиниције ампера неће ништа променити, али ће она имати утицаја на даљи развој науке.
- Највеће промене ће се десити у развоју уређаја везаних за научна истраживања, као и у реализацији нових квантних еталона
- Редифиниција ампера ће омогућити увођење нових напредних технологија у будућности.
- Континуитет за крајње практичне кориснике - задржан



Хвала на пажњи!