



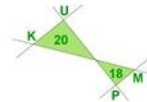
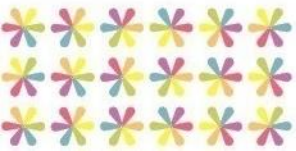
Redefinicija mednarodnega sistema enot SI

dr. Rado Lapuh

Urad RS za meroslovje

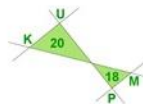


REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA GOSPODARSKI RAZVOJ IN TEHNOLOGIJO
URAD RS ZA MEROSLOVJE

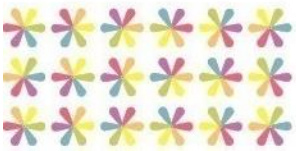
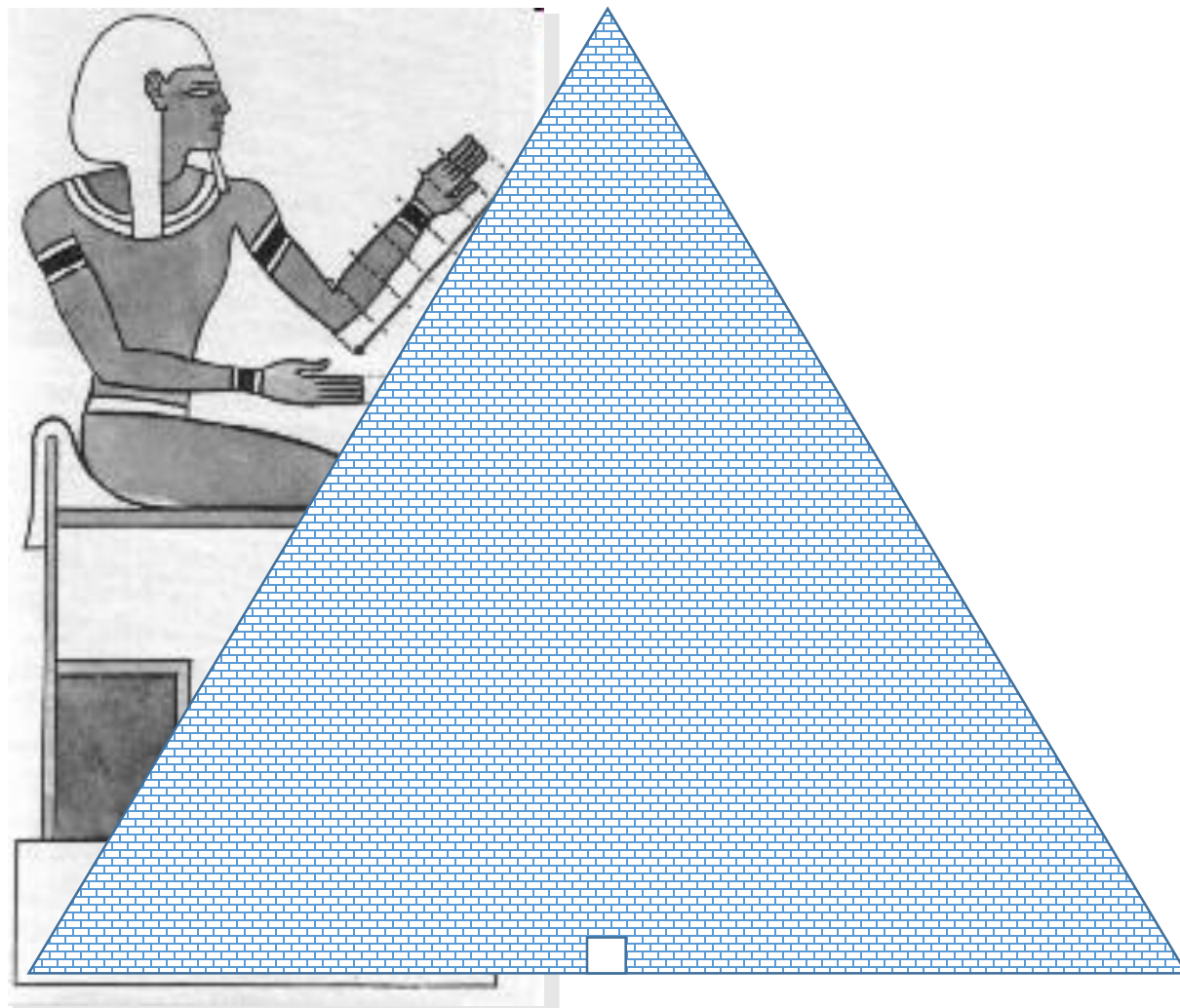


Vsebina

- zgodovina meroslovja
- SI sistem enot
- redefinicija SI
- osnovni koncepti meroslovja



Kako smo prišli do SI sistema enot?



Temačna zmeda

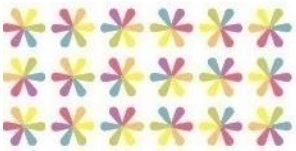


merski sistemi:

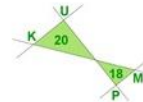
angleški
danski
francoski
nemški
norveški
romunski
ruski
škotski
španski
švedski



Revolucija !



4. mednarodna konferenca o učenju in poučevanju matematike KUPM 2018

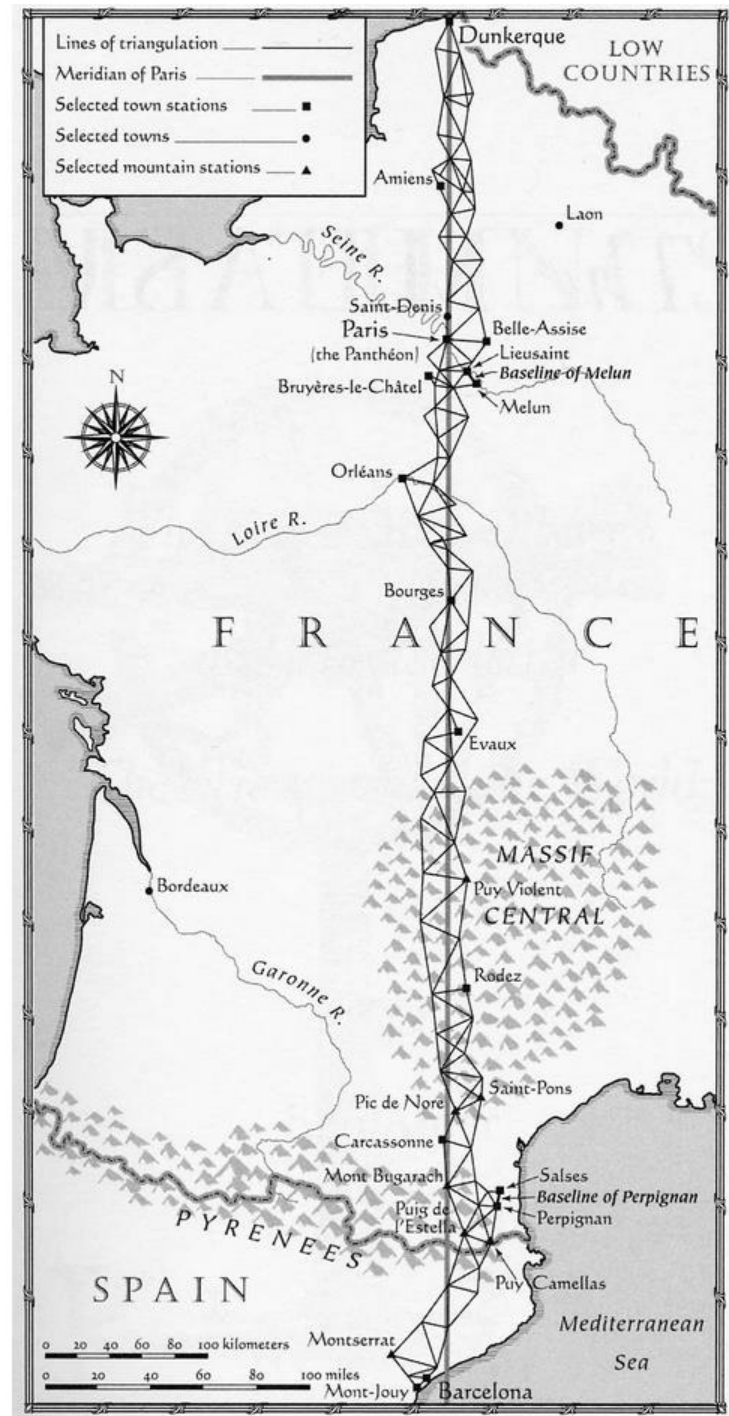
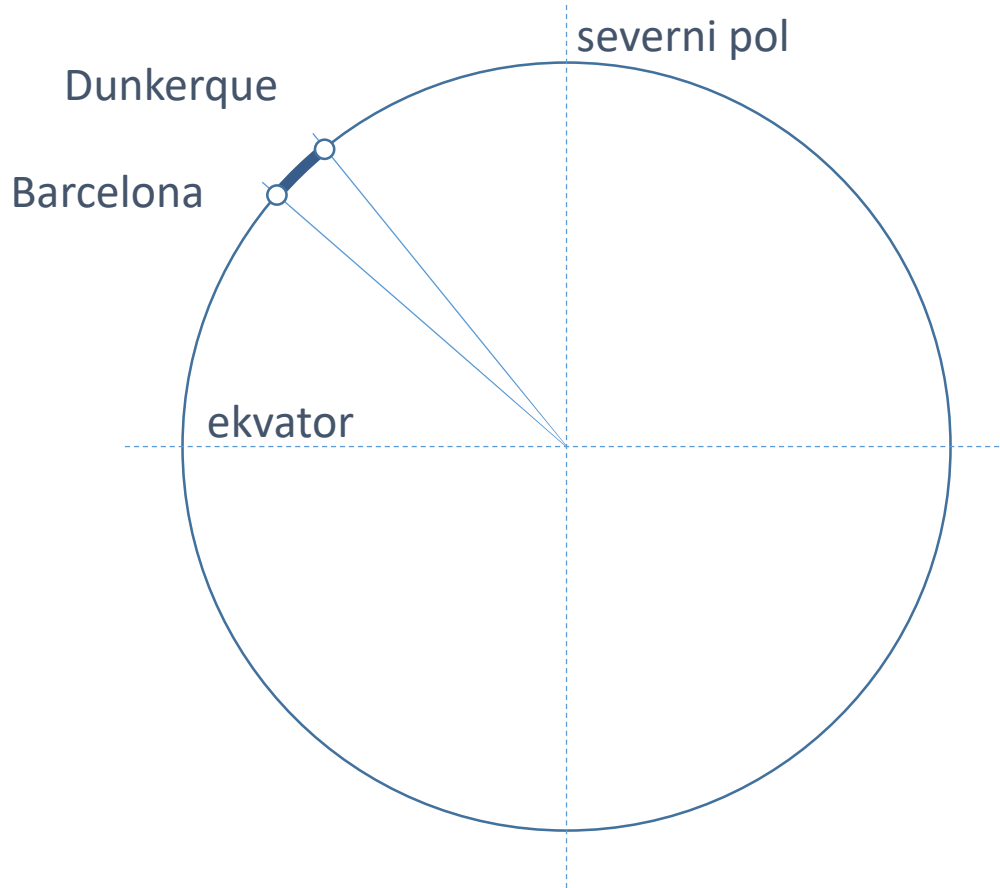


REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA IZOBRAŽEVANJE,
ZNANOST IN ŠPORT



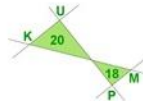
EVROPSKA UNIJA
EVROPSKI SOCIALNI SKLAD
NALOŽBA V VAŠO PRIHODNOST

Méchain & Delambre



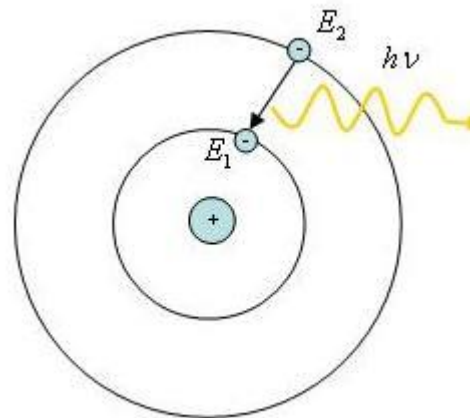
Metrška konvencija

- Podpisana 1875 v Parizu
- Cilj: univerzalni dostop do merskih enot
- 1960: sistem se preimenuje v mednarodni sistem enot (SI)

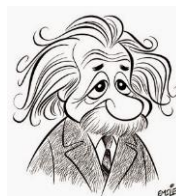


Uporaba naravnih konstant

- sekunda (1967)



- meter (1983)

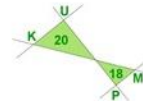
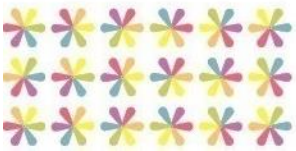


hitrost svetlobe je
konstanta



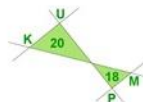
Kaj je SI?

- Mednarodni sistem enot SI
- 7 osnovnih enot
- 22 izpeljanih enot
- 20 predpon
- enote, še sprejemljive za uporabo
- nedovoljene enote
- zapis vrednosti in enot



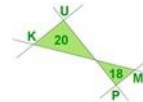
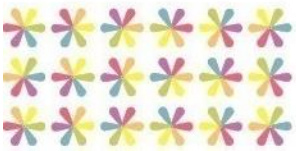
Kako so SI enote definirane zdaj ?

- kg: prakilogram
- s: frekvenca sevanja Cs atoma
- m: pot svetlobe v vakuumu
- A: sila med dvema vodnikoma
- K: trojna točka vode
- mol: število atomov v 12 g ogljika
- cd: svetilnost vira z znano energijsko jakostjo



Zakaj redefinicija?

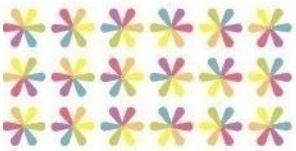
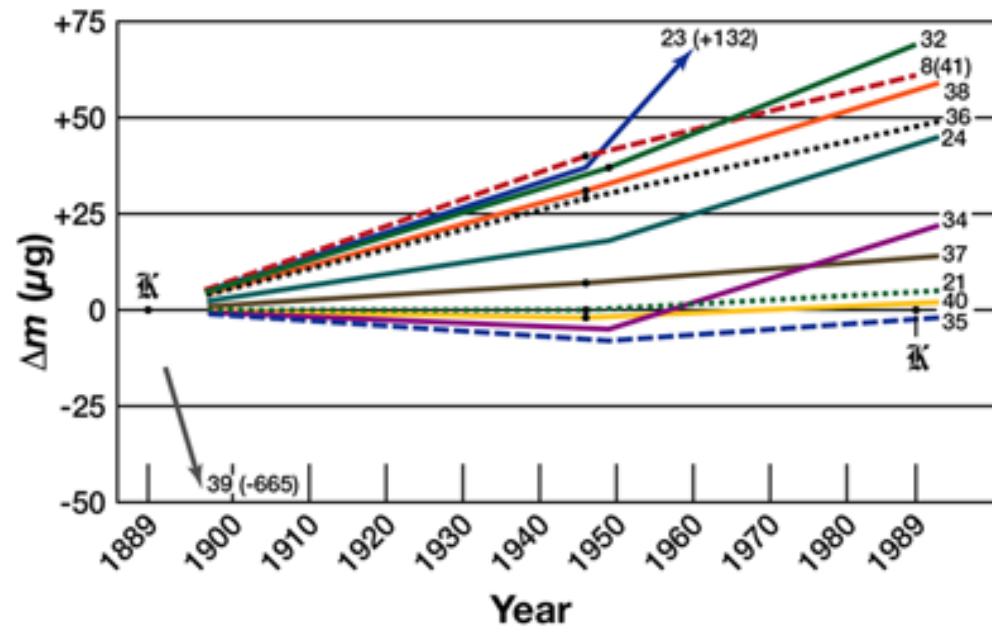
- Univerzalni dostop do dogovorjenih osnov za meritve, ki jih bo mogoče univerzalno realizirati kjerkoli in kadarkoli.
- kg je edina enota, ki je še definirana z artefaktom.



Kaj je s pra-kg narobe?

One kg to rule them all

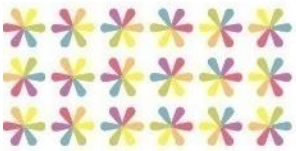
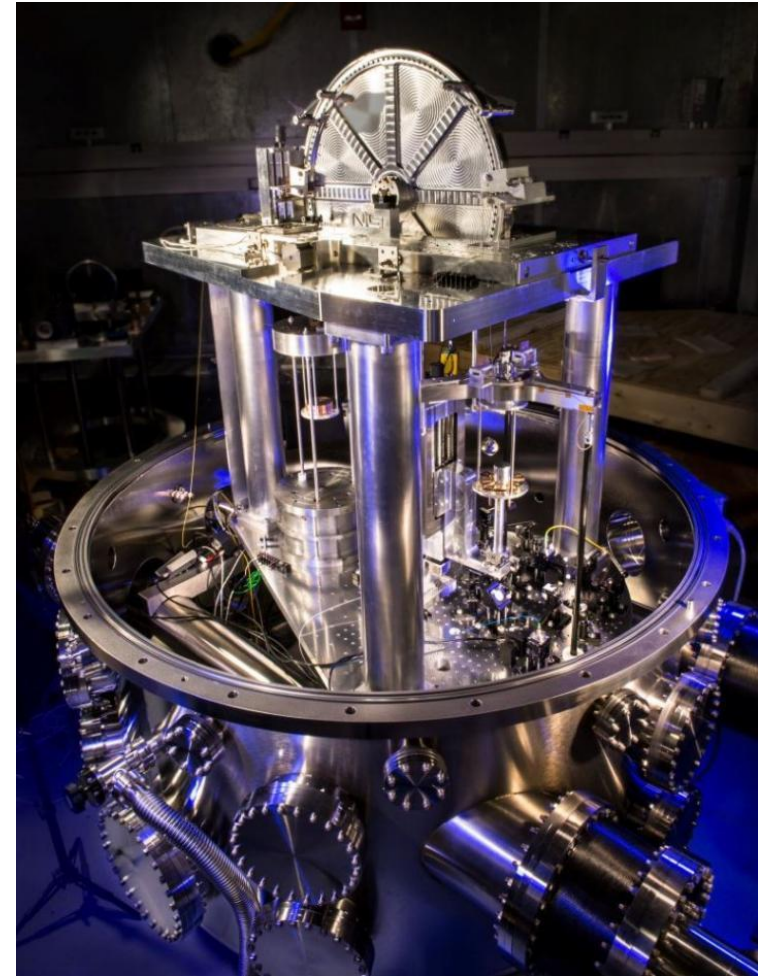
- masa prakilograma ni konstanta
- ostale enote (A, mol) so vezane na kg
- torej ...





Lahko z redefinicijo kg vse uredimo?

- kaj ja?
 - sistem brez artefaktov
- kaj ne?
 - temperatura definirana le v eni točki
 - amper ni mogoče realizirati



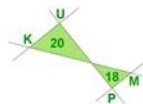
Kaj res prinaša redefinicija

- spremembo paradigme sistema enot preko navezave na naravne konstante (in določitve le teh)

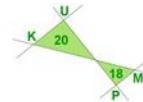
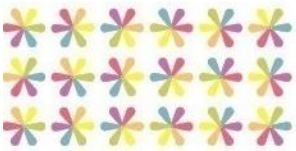
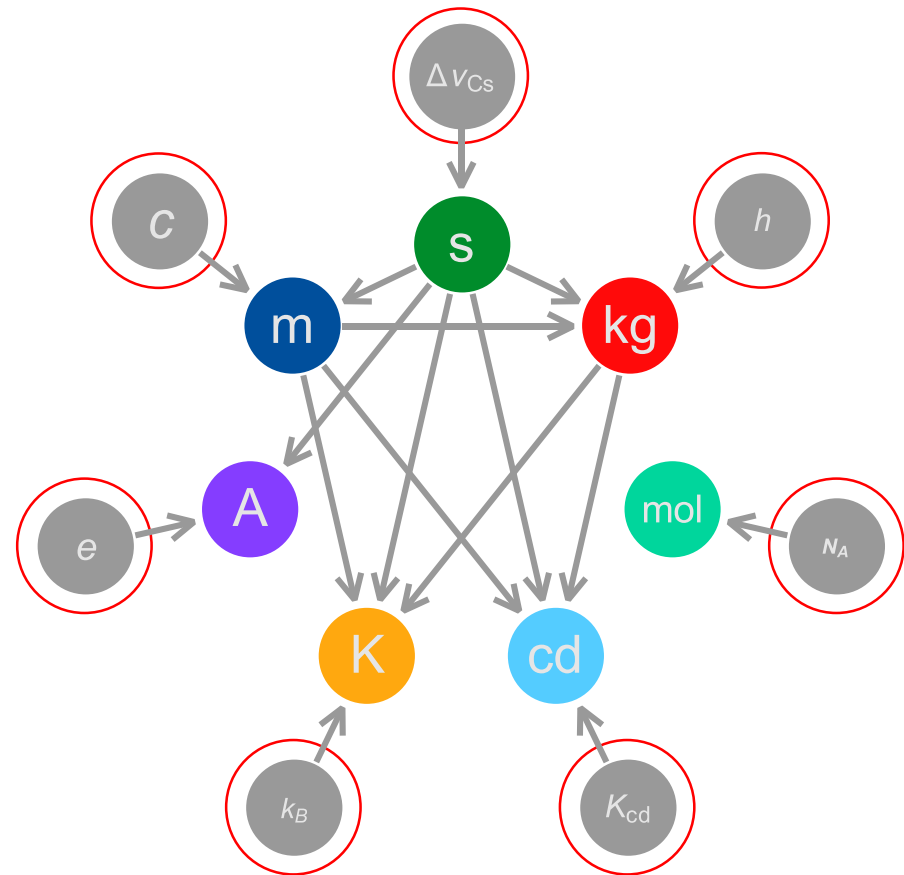
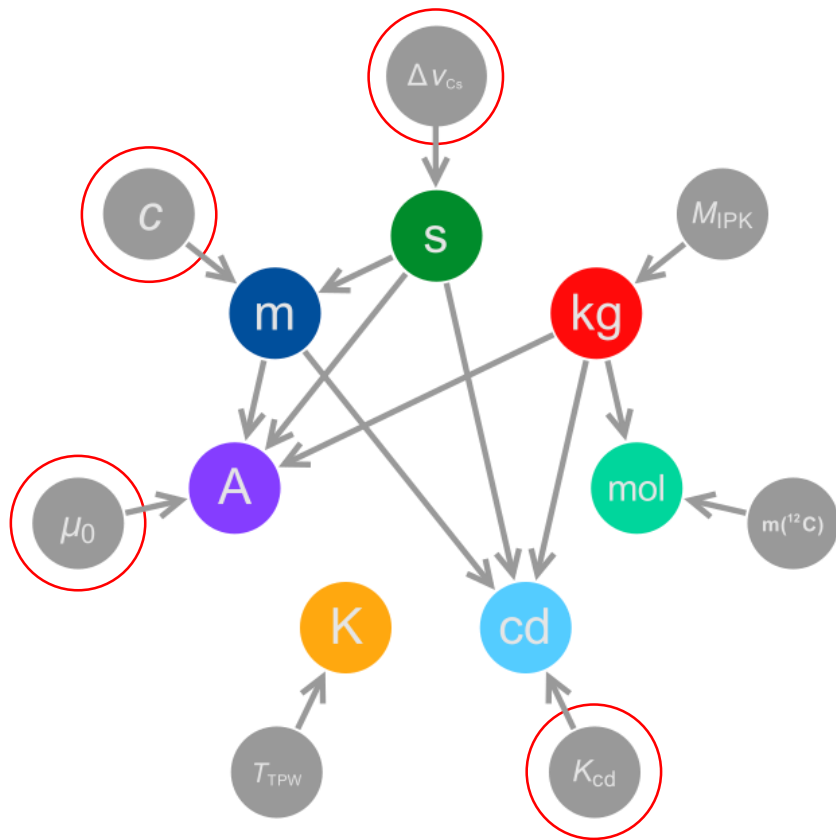
fiksne naravne konstante

zdaj	po redefiniciji
$\Delta v_{CS}, c, K_{cd}, \mu_0, \dots$	$\Delta v_{CS}, c, h, e, k, N_A, K_{cd}, \dots$

- spremembo definicij SI enot z navezavo na te naravne konstante:
kg, A, K, mol (pa tudi prilagoditev s, m, Cd)



Kaj res prinaša redefinicija



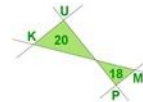
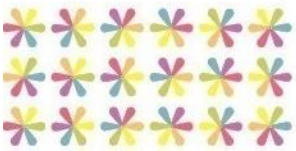
Kot na primer?

Definicija sekunde zdaj

- sekunda je trajanje 9 192 631 770 period sevanja Cs-133 atoma

in potem

- sekunda je definirana z določitvijo fiksne numerične vrednosti za frekvenco Cs-133 atoma na 9 192 631 770 Hz.



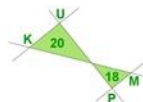
Ali na primer...

Definicija metra zdaj

- meter je dolžina poti, ki jo svetloba prepotuje v vakuumu v $1 / 299\,792\,458$ sekunde.

in potem

- meter je definiran z določitvijo fiksne vrednosti za hitrost svetlobe c na $299\,792\,458$ m/s, kjer je sekunda definirana s frekvenco Cs-133 atoma

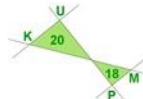


Definirajmo sekundo!

$$\Delta\nu_{\text{Cs}} = 9\,192\,631\,770 \text{ Hz}$$

$$\Delta\nu_{\text{Cs}} = \frac{9\,192\,631\,770}{\text{s}}$$

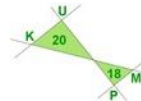
$$\text{s} = \frac{9\,192\,631\,770}{\Delta\nu_{\text{Cs}}}$$



Definirajmo mol!

$$N_A = 6,022\ 140\ 857 \cdot 10^{-23} \text{ mol}^{-1}$$

$$\text{mol} = \frac{6,022\ 140\ 857 \cdot 10^{-23}}{N_A}$$

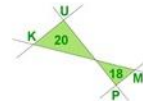
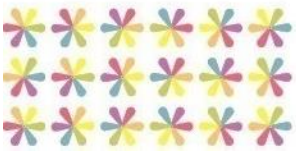


Definirajmo meter!

$$c = 299\,792\,458 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

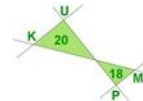
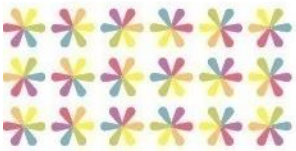
$$\text{m} = \frac{c \cdot \text{s}}{299\,792\,458}$$

$$\text{m} = 30,663\,318 \dots \frac{c}{\Delta \nu_{\text{Cs}}}$$



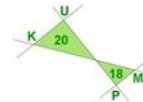
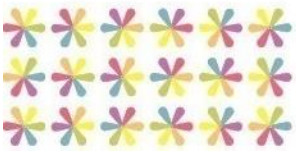
Časovnica redefinicije?

- **September 2017:** CCU predlaga redefinicijo CIPM
- **Maj 2018:** Dan meroslovja, namenjen redefiniciji
- November 2018:** CGPM sprejme redefinicijo SI
- 20 Maj 2019:** redefinirane SI preidejo v prakso



Kakšen je pomen redefinicije SI?

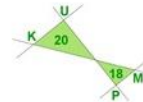
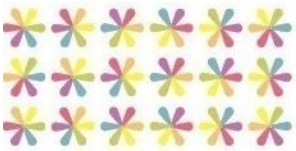
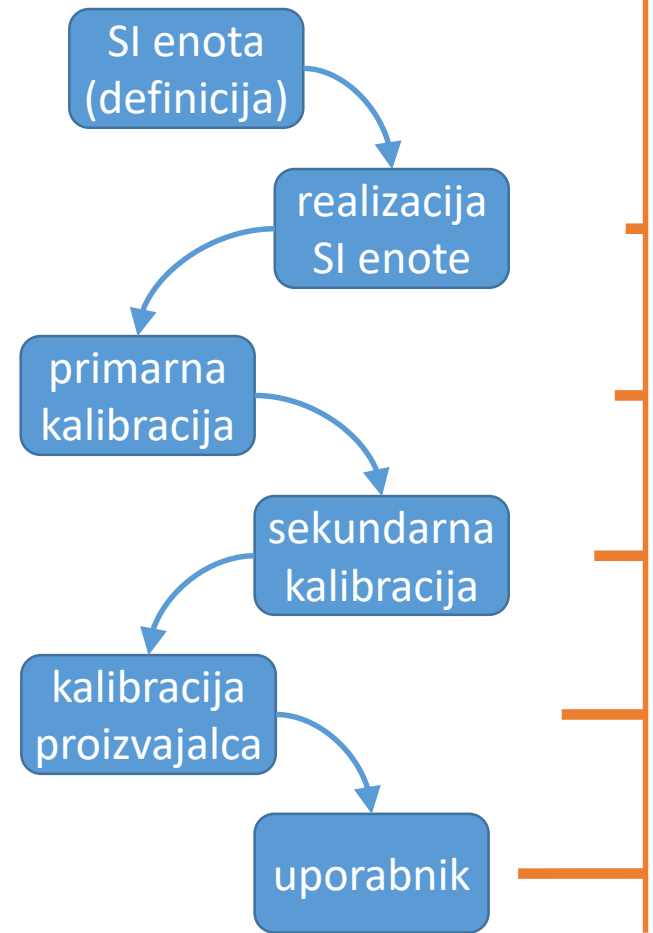
- Za znanost: napredek bo opazen takoj po sprejetju novih definicij.
- Za tehnologijo: nov sistem enot ne bo predstavljal nobenih tehnoloških ovir v razvoju
- Za civilizacijo: prvič (končno) so meritve vezane zgolj na naravne konstante.



Osnovni koncepti meroslovja

- Sledljivost (VIM)

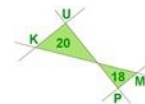
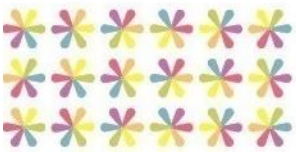
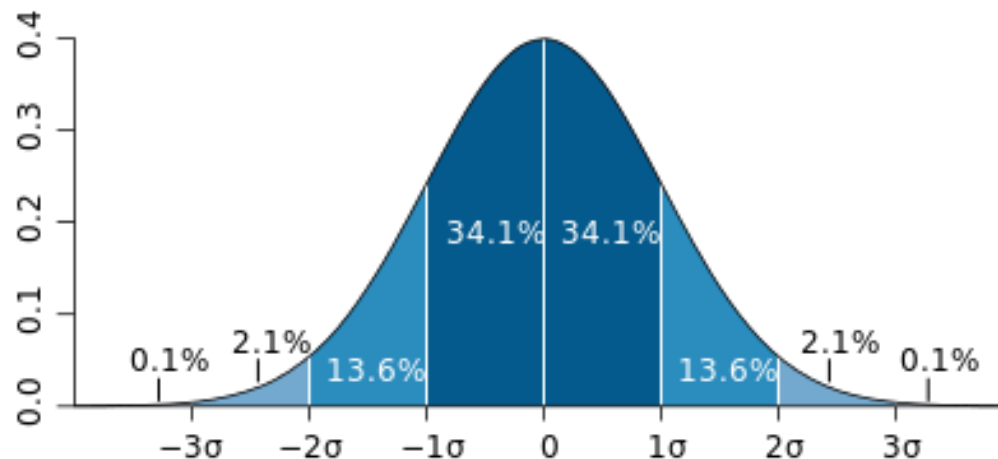
Lastnost merilnega rezultata, ki omogoča navezavo rezultata na referenco skozi dokumentirano neprekinjeno verigo umeritev, od katerih vsaka prispeva k merilni negotovosti.



Osnovni koncepti meroslovja

- **Negotovost (VIM)**

Nenegativni parameter, ki označuje raztros vrednosti veličine, ki je na podlagi uporabljenih podatkov pripisan merjencu



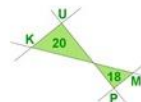
Osnovni koncepti meroslovja

- Zapis rezultata (SI)

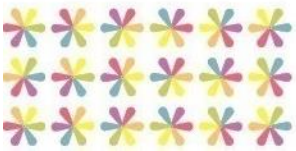
$$l = 1.204 \text{ m} \pm 0.003 \text{ m}$$

$$l = (1.204 \pm 0.003) \text{ m}$$

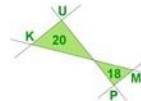
$$l = 1.204(3) \text{ m}$$



Vprašanja?



4. mednarodna konferenca o učenju in poučevanju matematike KUPM 2018

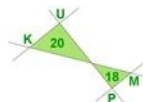


REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA IZOBRAŽEVANJE,
ZNANOST IN ŠPORT



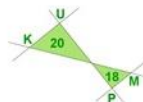
Se bodo osnovne veličine in/ali osnovne enote spremenile?

NE



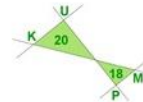
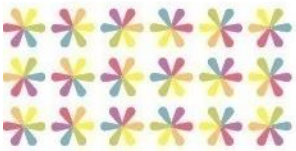
Se bo katera od 22 izpeljanih SI veličin in enot spremenila?

NE



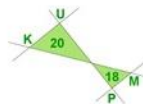
Se bodo spremenile predpone (kilo, mega, mikro, ...)?

NE



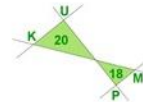
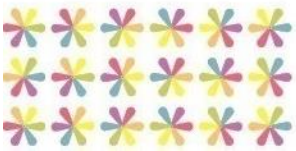
Se bodo spremenile vrednosti SI enot?

NE



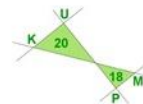
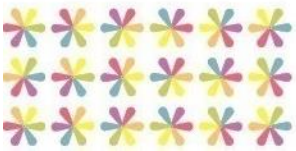
Kaj se bo potem spremenilo?

- Spremenile se bodo definicije kilograma, ampera, kelvina in mola, vendar tako, da njihove vrednosti ostanejo enake.
- Fiksirane bodo vrednosti naravnih constant Δv_{CS} , c , h , e , k_B , N_A , K_{cd} .
- Spremenile se bodo realizacije nekaterih osnovnih enot



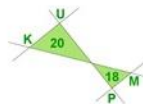
Zakaj potem sploh redefinirati štiri enote SI?

- boljša stabilnost realizacije mase
- bistveno večja točnost številnih meritev takoj in večine meritev v prihajajočih letih
- možnost realizacije enot „kjerkoli in kadarkoli“



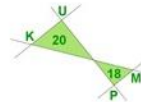
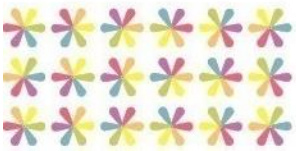
Kaj pa definicije sekunde, metra in kandelega?

- Te definicije se ne spremenijo, vendar se izrazijo drugače, da so usklajene z ostalimi definicijami.



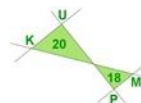
Kako lahko fiksiramo naravne konstante? Kako vemo pravo vrednost. Kaj, če smo izbrali napačno vrednost?

- ne fiksiramo naravnih konstant, le njihove številčne vrednosti
- vrednosti ostajajo naravne konstante, mi jih zgolj izrazimo z SI enotami



Vsaka naravna konstanta ima negotovost. Kakšna bo negotovost fiksiranih naravnih konstant?

NIČ



Ali lahko preverjamo konsistentnost fizike, če fiksiramo vrednosti vseh naravnih konstant?

- ne fiksiramo vrednosti vseh naravnih konstant, le nekaj njih in njihovih medsebojnih odnosov
- to spremeni definicije enot, nikakor pa ne fizikalnih enačb in ne more prepričati znanstvenikov, da preverjajo točnost fizikalnih enačb (modelov)

