

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 7 (1979/1980)

Številka 1

Strani 58-64

Janez Strnad:

KOLIČINE IN ENOTE V POUKU FIZIKE

Ključne besede: fizika.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/7/410-Strnad.pdf>

© 1979 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2009 DMFA - založništvo

Vse pravice pridržane. Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez poprejšnjega dovoljenja založnika ni dovoljeno.

KOLIČINE IN ENOTE V POUKU FIZIKE

Že pred davnimi časi so morali ljudje pri vsakodnevnih opravilih *meriti* dolžine, ploščine, čase. Pri merjenju primerjamo vrednost kake količine z vrednostjo te količine, ki je izbrana kot *enota*. Nekdaj je imelo vsako pleme, vsako mesto svoje enote. Nekateri državniki, kot na primer Julij Cezar in Karel Veliki, so si brez trajnega uspeha prizadevali, da bi dosegli glede enot večji red. Šele mnogo pozneje so dobile take težnje z razvojem industrije in trgovine trdno osnovo.

Med francosko revolucijo so vpeljali nove enote, ki niso bile v nikakršni zvezi z vladarji (sl. 1). Osnovna enota za dolžino je na primer postala *meter* - dolžina desetmilijontega dela ene četrtine poldnevnik skozi Pariz (sl. 2). Večje enote so se-stavljali kot desetiške mnogokratnike in manjše kot desetiške ulomke metra in drugih osnovnih enot. S časom so tudi v nekaterih drugih državah uvideli prednost novih enot. Tako je bila leta 1875 v Parizu sprejeta *metrska konvencija* in osnovan *mednarodni urad za uteži in mere* s sedežem v Sevresu blizu Pariza.

Leta 1975 so po svetu in tudi pri nas proslavili stoletnico *metrske konvencije*. (Med drugim je naša pošta izdala posebno znamko, ki je odtisnjena na naslovni strani 2. številke VI. letnika *Preseka*.) Sedemnajstim državam, ki so na začetku podpisale *metrsko konvencijo*, so se postopoma pridružile še druge. Kraljevina Srbija jo je podpisala leta 1879. Tako bi morali pravzaprav letos pri nas proslavljati stoletnico pristopa k *metrski konvenciji*. Do leta 1975 je pristopilo k *metrski konvenciji* 43 držav.

Od leta 1889 se sestaja *generalna konferenca za uteži in mere*, zadnje čase na vsaka tri ali štiri leta. Njeno delo pripravlja *mednarodni komite za uteži in mere*. Posebna organizacija pomaga državam usklajevati zakonodajo s priporočili generalne konference. *Mednarodna organizacija za standardizacijo* ima v glavnem na skrbi enote zunaj veljavnega sistema enot. Vse te organizacije delujejo v povezavi z *mednarodnima komisijama za sim-*

bole, enote in poimenovanje Mednarodnega združenja za čisto in uporabno fiziko (IUPAP) in Mednarodnega združenja za čisto in uporabno kemijo (IUPAC). Na drugi strani je njihovo delo povezano z ustreznimi državnimi ustanovami, v naši državi z *Zveznim zavodom za mere in plemenite kovine* v Beogradu.

S sprejetjem metrske konvencije ni bilo konec vseh zadreg. V razraščajoči se fiziki so odkrivali nove pojave in vpeljevali nove količine, ki jim je bilo treba določiti enote. Tako je prišlo na nekaterih območjih fizike v preteklosti do prave zmešnjave glede enot: v elektriki so bile na primer še pred nekaj desetletji v rabi kar štiri različne skupine enot za iste količine.

Fizikov pri njihovem znanstvenem delu to ni zelo motilo. Drugače pa je bilo v šoli. Tam se je težavam ob uvajanju v fiziko pridružila še dodatna težava zaradi različnih enot in koeficientov, s katerimi so preračunavali ene enote v druge. Zato so bili najbrž učenci in učitelji od vseh najbolj veseli poenotenja, do katerega je prišlo v zadnjem času.

Danes je v rabi *mednarodni sistem enot* ali kratko *SI* po francoskem imenu *systeme international d'unités*. Ta sistem so članice metrske konvencije - vsaka z drobnimi posebnostmi - vključile v svoje zakone. Tudi naša država je sprejela leta 1976 *zakon o merskih enotah in merilih*. Zakon predpisuje za javno rabo enote SI in določa rok, v katerem je treba opustiti nekatere stare enote. Ker se bliža z zakonom določeni rok 31.12.1980, se marsikateri učenec in učitelj sprašuje, kaj se bo v fiziki spremenilo.

Takoj na začetku naj povemo, da v fiziki zaradi novega sistema ne bo težav. Že prej smo namreč uporabljali sistem meter-kilogram-sekunda-amper, iz katerega se je razvil SI. Kljub temu ne bo odveč, če opozorimo na nekatere posebnosti SI.

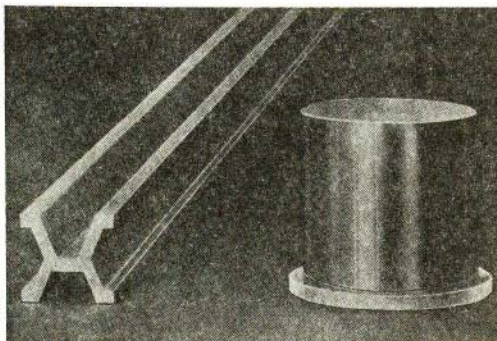
V tem sistemu so osnovne količine in njihove enote - *osnovne enote*: dolžina - meter, masa - kilogram, čas - sekunda, električni tok - amper, temperatura - kelvin, svetilnost - candela

Sl. 1: Učeni menihi določajo enoto za dolžino yard, ki je po volji angleškega kralja Henrika I razdalja med njegovim nosom in iztegnjeno levo roko. Colo (inch) je določil angleški kralj Edvard II kot skupno dolžino treh zrn, ki jih je izbral iz sredine ječmenovega klasa. Precej angleških enot je bilo tako ali drugače povezanih s kralji. Skrajno neprijetno je bilo, da yard (okoli 91,4 cm) ni natančen celoštevilčen mnogokratnik cole (okoli 2,54 cm).

Sl. 1



Sl. 2



Sl. 2: Pramer in prakilogram, ki ju hranijo v mednarodnem uradu za uteži in mere v Sevresu (v naravni velikosti). Izdelana sta iz zlitine platine in iridija : meter kot dolžina desetmilijontega dela četrtine poldnevnik skozi Pariz in prakilogram kot masa 1 dm^3 čiste vode pri temperaturi 4°C . Meter ima presek, ki zagotavlja čim boljše trdnost. Blizu vsakega krajišča so na srednjem delu, ki se najteže deformira, tri črtice; razdalja med srednjima je 1 m. Pozneje so spoznali, da sta bila izhodiščna podatka za dolžino poldnevnik in maso 1 dm^3 vode za malenkost napačna, a vseeno definicij za meter in kilogram niso spremenili. Definicijo za meter so leta 1960 opustili, ko so zasidrali meter v atomskem svetu.

množina snovi - *mol*. Vsaka od osnovnih enot je določena s posebnim predpisom.

Meter je dolžina 1 650 763,73 valovnih dolžin svetlobe, ki jo seva atom kriptona ^{86}Kr pri prehodu med nivojema $2p_{10}$ in $5d_5$ v vakuumu.

Kilogram je masa *prakilograma*.

Prakilogram je telo iz zlitine platine in iridija, ki ga hranj

jo v mednarodnem uradu za uteži in mere.

Sekunda je čas 9 192 631 770 nihajnih časov elektromagnetnega valovanja, ki ga seva atom cezija ^{133}Cs pri prehodu med nivoje ma, na katera je razcepljeno osnovno stanje zaradi hiperfine razcepitve.

Amper je konstanten električni tok, ki teče po dveh ravnih vzporednih zelo dolgih in zelo tankih vodnikih v razmiku 1 m, če deluje prvi vodnik na 1 m dolg odsek drugega s silo $2 \cdot 10^{-7} \text{ N}$.

Kelvin je termodinamična temperatura, ki je enaka $1/273,16$ temperature trojnega stanja vode.

Termodinamična temperatura je določena za Carnotov stroj, to je idealni toplotni stroj, ki ponavlja reverzibilno krožno spremembo, med katero sprejema toploto samo pri višji temperaturi T in jo oddaja samo pri nižji temperaturi T_1 . Višja temperatura in nižja temperatura sta v razmerju pri višji temperaturi sprejete toplote Q_{dov} in pri nižji temperaturi oddane toplote Q_{odv} : $T/T_1 = Q_{dov}/|Q_{odv}|$. Ta *termodinamična temperatura* se ujema s temperaturo, določeno s plinskim termometrom na dovolj razredčen plin. Trojno stanje vode je stanje, v katerem so v ravnovesju kapljevinska voda, led in vodna para.

Candela je svetilnost črnega telesa s površino $1/60 \text{ cm}^2$ v pravokotni smeri pri tališču platine ob tlaku $1,01325 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$.

Mol je množina snovi, v kateri je toliko delcev kot je atomov v 12 g ogljika ^{12}C .

Navadno shajamo v fiziki s prvimi petimi osnovnimi količinami in njihovimi enotami. S svetilnostjo in njeno enoto so določene enote *optike v fiziološkem merilu*, ki ima za osnovo občutljivost človeškega očesa. Mol vrhu tega ni ubran z drugimi enotami. Za rabo v fiziki je prikladnejša tisočkrat večja enota *kilomol*, ki se nanaša na število delcev v 12 kilogramih ogljika ^{12}C . Ker je mol ali kilomol določen s številom delcev - število ima enoto 1, ga je mogoče spustiti (tako, kot lahko spustimo, na primer, enoto za kot radian). Včasih pa ga je koristno navesti, če želimo poudariti, da gre za kilomolske količine.

Vse enote za druge količine v fiziki lahko sestavimo iz osnovnih enot. Kratek seznam navaja poleg osnovnih enot, ki so podčrtane, še nekatere od *sestavljenih (izpeljanih) enot*.

Količina	enota	ime
<u>dolžina</u>	<u>m</u>	<u>meter</u>
<u>ploščina</u> , površina	<u>m²</u>	<u>kvadratni meter</u>
<u>prostornina</u>	<u>m³</u>	<u>kubni meter</u>
kot	rad = 1	radian
<u>masa</u>	<u>kg</u>	<u>kilogram</u>
<u>gostota</u>	<u>kg/m³</u>	<u>kilogram na kubni meter</u>
<u>čas</u>	<u>s</u>	<u>sekunda</u>
frekvenca	s ⁻¹ = Hz	sekunda na minus ena, hertz
hitrost	m/s	meter na sekundo
pospešek	m/s ²	meter na sekundo (na) kvadrat
kotna hitrost	rad/s = s ⁻¹	sekunda na minus ena
kotni pospešek	rad/s = s ⁻²	sekunda na minus dve
prostorninski tok	m ³ /s	kubni meter na sekundo
masni tok	kg/s	kilogram na sekundo
sila	kgm/s ² = N	newton
tlak, mehanična napetost	N/m ² = Pa	newton na kvadratni meter, <i>pascal</i>
energija, toplota, delo	kgm ² /s ² = J	joule
moč, energijski tok, toplotni tok	kgm ² /s ³ = J/s = W	watt
temperatura	K	kelvin
specifična toplotna kapaciteta = specifična toplota	J/kgK	joule na kilogram kelvin
(specifična) tališna, izparilna, reakcijska toplota	J/kg	joule na kilogram
entropija, toplotna kapaciteta	J/K	joule na kelvin
toplotna prevodnost	W/Km	watt na kelvin meter
električni tok	A	amper
naboj	As = C	amper sekunda, coulomb
električna napetost	J/As = V	volt
električni upor	V/A = Ω	ohm
jakost električnega polja	V/m	volt na meter
kapaciteta	As/V = F	farad
magnetni pretok	Vs = Wb	volt sekunda, weber
gostota mag. polja = gostota mag. pretoka	Vs/m ² = T	tesla
induktivnost	Vs/A = H	henry

Desetiščne mnogokratnike navedenih enot dobimo s predponami kilo (kratica k) 10^3 , mega (M) 10^6 , giga (G) 10^9 , tera (T) 10^{12} in mili (m) 10^{-3} , mikro (μ) 10^{-6} , nano (n) 10^{-9} , piko (p) 10^{-12} , femto (f) 10^{-15} .

V fiziki je dovoljeno uporabljati enote zunaj SI:

za kot stopinjo, minuto, sekundo $1^0 = \pi/180 \text{ rad}$,

$$1' = 1/60^0$$

$$1'' = 1/60'$$

za čas minuto, uro, dan, leto $1 \text{ min} = 60 \text{ s}$, $1 \text{ h} = 60 \text{ min}$,

$$1 \text{ dan} = 24 \text{ ur}$$

$$1 \text{ leto} = 360 \text{ dni}$$

za maso tona

$$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg}$$

atomska enota mase

$$1u = 1 \text{ kg}/N_A =$$

$$(N_A \text{ je Avogadrovo število}) = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Preko atomske enote mase je kilogram posredno povezan s svetom atomov, tako kot sta neposredno povezana meter in sekunda. Mase atomov, izražene v atomskih enotah mase, merimo namreč z masnim spektrografom mnogo natančneje, kot lahko izmerimo mase makroskopskih teles.

za tlak bar, milibar

$$1 \text{ b} = 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ mb} = 10^{-3} \text{ b}$$

za energijo elektronvolt

$$1 \text{ eV} = 1e_0 \cdot V =$$

(e_0 je osnovni naboj)

$$= 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

za energijo, toploto,

delo watt uro, kilowatt uro

$$1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$$

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ Wh} =$$

$$= 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

za temperaturo stopinjo Celzija

temperaturna razlika

$$1^0\text{C} = 1\text{K}$$

Celzijeva temperatura =

$$= (\text{mersko število temperature} - 273,16) ^0\text{C}$$

Nekoliko podrobnejši seznam je izšel v posebnem zapisu o enotah, Obzornik mat. fiz. 26(1979)3.

Od 31.12.1980 ne bomo smeli uporabljati enot

za dolžino	angstroema	$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$
za silo	kiloponda	$1 \text{ kp} = 9,81 \text{ N}$
za tlak	fizikalno, tehnično	$1 \text{ t.atm} = 0,981 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
	atmosfero, tora	$1 \text{ f.atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
		$1 \text{ tor} = 133 \text{ Pa}$
za toploto	kalorije	$1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$

Namesto angstroema bomo uporabljali desetkrat večji nanometer. Treba bo pač reči, da je premer atomov nekaj desetink nanometra.

Namesto kiloponda bomo uporabljali približno desetkrat manjši newton. Težave utegnejo nastati le pri vpeljavi sile, ko se učenci prvič srečajo z njo.

Namesto atmosfer bomo uporabljali bar, ki se pri šolski natančnosti od njiju ne razlikuje. Namesto tora bomo uporabljali milibar ($1 \text{ tor} = 4/3 \text{ milibar}$).

Namesto kalorije bomo uporabljali joule ($1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$). Na nekatere velikostne stopnje v novih enotah se bo treba pač navaditi. To težavo pa najbrž izravna dejstvo, da ne bo več zmešnjave pri enotah za tlak in - v manjši meri - za toploto.

Učencem se pri pouku ne bo težko ravnati po novem zakonu, ki ga bodo upoštevale tudi nove izdaje učbenikov in drugih šolskih knjig. V prehodnem obdobju bodo morali poznati tudi stare enote. Ne glede na enote bomo v fiziki uporabljali še naprej imena za količine in pojave, ki smo jih uporabljali doslej in ki jih uporabljajo tudi obstoječi učbeniki.

Janez Strnad
