

2. *svetelný rok*, dráha svetla za dobu 1 roku,  $9,4627 \cdot 10^{12}$  km =  $0,94627 \cdot 10^{18}$  cm = 63 300 jednotiek astronomických;

3. *hviezdna jednotka, parsec*, vzdialenosť, z ktorej sa javí veľká polos zemskej dráhy pod uhlom  $1''$ , 1 parsec =  $30,836 \cdot 10^{12}$  km =  $3,0836 \cdot 10^{18}$  cm = = 3,2588 svetelných rokov.

Jednotkou plošného obsahu je štvorcový meter ( $m^2$ ).

$$1 m^2 = 100 dm^2 = 10\,000 cm^2 = 10^6 mm^2.$$

$$1 km^2 = 100 hm^2 (100 ha) = 10\,000 a = 10^6 m^2.$$

Jednotkou objemu je kubický meter ( $m^3$ ). Inou objemovou jednotkou je liter (l), objem vody najväčšej hustoty (pri teplote  $3,98$  °C) za tlaku 760 torrov (mm Hg), ktorej hmotnosť je 1 kg (1 liter = 1,000 027  $dm^3$ ). Príčinou rozdielu je nepresná realizácia telesa s hmotnosťou 1 kg (pozri čl. 10).

**8. Jednotky rovinných a priestorových uhlov.** Prírodná uhlová jednotka je *radián*, stredový uhol v kružnici, ktorý zodpovedá kruhovému oblúku s dĺžkou, rovnajúcou sa polomeru kružnice. V tejto tzv. *oblúkovej miere* uhlov je uhol plný  $2\pi$ , uhol priamy  $\pi$  a pod. Ľubovoľný uhol v miere oblúkovej je určený podielom dĺžky kruhového oblúka (so stredom vo vrchole uhla) a príslušného polomeru.

Praktickou uhlovou jednotkou je stupeň, deväťdesiatina uhla pravého, R.

$$R = 90^\circ, \quad 1^\circ = 60', \quad 1' = 60''$$

Najnovšie sa pri geodetických meraniach používa väčšinou stotinné delenie uhlov. Jednotka je grad.

$$R = 100g, \quad 1g = 100', \quad 1' = 100''.$$

$$1g = 0,9^\circ = 54', \quad 1' = 0,54' = 32,4''; \quad 1'' = 0,324''$$

Jednotkou priestorového uhla je *sterradián*, priestorový uhol, ktorý z povrchu gule s polomerom  $r$  vytína časť s povrchom  $r^2$ . Hodnotu ľubovoľného priestorového uhla udáva podiel povrchu časti guľovej plochy, zodpovedajúcej priestorovému uhlu, a druhej mocniny polomeru gule,  $\omega = \frac{S}{r^2}$ . Plný priestorový uhol je  $4\pi$ .

**9. Jednotky a meranie času.** Pri meraní času sa stretávame so zvláštnou ťažkosťou, že dva časové úseky, napr. čas od východu do západu Slnka dnes a o mesiac, nemôžeme priamo porovnávať. Za rovnaké preto pokladáme také dva časové úseky, v ktorých ustavične za tých istých podmienok prebiehajúci periodický dej, napr. pohyb kyvadla, vykazuje rovnaký počet opakovaní. Takto sa zistilo, že Zem sa okolo svojej osi otočí za ten istý čas,

ktorý voláme *hviezdnym dňom siderickým*. Tento je určený dvoma po sebe idúcimi kulmináciami ľubovoľnej stálice. Hviezdny deň sa však za základ i prakticky upotrebitelnej sústavy jednotiek času nehodí, pretože slnečný deň sa od hviezdneho dňa líši. *Pravý slnečný deň*, čas medzi dvoma po sebe idúcimi kulmináciami Slnka, sa na tento účel tiež nehodí, lebo táto doba je v dôsledku nerovnomerného pohybu Zeme okolo Slnka premenlivá. Základná jednotka času, sekunda (s), je preto odvodená od *stredného slnečného dňa*, ktorý je rozdelený na 24 hodín, hodina na 60 minút a minúta na 60 sekúnd.

Jeden smer priesečnice roviny zemskej dráhy okolo Slnka, ekliptiky, a roviny zemského rovníka určuje v svetovom priestore jarný bod, smer spojnice Zeme a Slnka v okamihu, keď stred Slnka na oblohe práve prechádza nad rovinu zemského rovníka. Čas medzi dvoma po sebe idúcimi kulmináciami jarného bodu, na rozdiel od siderického hviezdneho dňa, volá sa *hviezdnym dňom astronomickým*. Tento je o niečo kratší ako *hviezdny deň siderický*, pretože jarný bod sa v dôsledku precesného pohybu osi zemskej posúva na oblohe proti ročnému zdanlivému pohybu Slnka medzi stálicami, teda v smere zdanlivého denného pohybu hviezd. Pre tú istú príčinu tiež *rok tropický*, t. j. čas medzi dvoma po sebe idúcimi prechodmi Slnka jarným bodom, je kratší než *rok siderický* — doba obehu Zeme okolo Slnka.

Jeden tropický rok trvá 366,2422 hviezdnych dní astronomických, určených denným zdanlivým pohybom jarného bodu, a za tento čas uplynie o jeden pravý slnečný deň menej. Za stredný slnečný deň sa berie priemerná hodnota pravých slnečných dní za dobu jedného tropického roku. Teda

$$1 \text{ stredný slnečný deň} = \frac{366,2422}{365,2422} = 1,002738 \text{ hviezdnych dní astronomických,}$$

$$1 \text{ astronomický deň} = \frac{1}{1,002738} \text{ stredných dní slnečných.}$$

Astronomický hviezdny deň je asi o  $3^m 56^s$  stredného slnečného dňa kratší ako stredný slnečný deň. Siderický hviezdny deň je však len o 0,009 s dlhší ako hviezdny deň astronomický.

*Miestny stredný deň* začína v okamihu spodnej kulminácie „*stredného Slnka*“, bodu mysleného v rovine ekliptiky, ktorý prechádza jarným bodom súčasne so Slnkom, no pohybuje sa medzi stálicami v rovine ekliptiky tak, že jeho priemet do roviny zemského rovníka sa v tejto rovine pohybuje rovnomerne. Poloha „*stredného Slnka*“ na oblohe určuje stredný miestny čas. Svetový stredný čas je totožný s miestnym stredným časom greenwichského poludníka. Pre zhodu časových údajov v jednotlivých zemepisných oblastiach zaviedli

časy pásmové, miestne časy každého 15. poludníka. Dva susedné pásmové časy sa líšia o hodinu. Československá republika je v oblasti stredoeurópskeho pásma, ktorého čas predbieha svetový čas o 1 h.

Pásmový alebo hviezdny čas udávajú *hodiny (chronometre)*, stroje, ktorých stúpacie koliesko sa pri každom kyve kyvadla alebo nepokoja otočí vždy o ten istý uhol. Do ozubenia stúpacieho kolieska kyvadlových hodín zaberá kotva, viazaná na pohyb kyvadla, striedavo svojimi obidvoma koncami, a stúpacie koliesko, poháňané váhou klesajúceho závažia alebo stočeným pružným perom, povoľuje pri každých dvoch kyvoch o jeden zub. Tlak ozubenia stúpacieho kolieska na kotvu udržuje súčasne kyvadlo hodín v stálom a rovnakom kývaní. V prenosných hodinách je kyvadlo nahradené malým zotrvačníkom, nepokojom, ktorý sa vracia do svojej rovnovážnej polohy pôsobením pružinky stočenej do špirály.

Pod *stavom* hodín  $s$  rozumie sa oprava, ktorú treba pridať k údaju hodín  $t'$ , aby sa dostal správny čas  $t$ . Teda  $t = t' + s$ . Derivovaním tejto rovnice podľa času  $t$  dostávame

$$-\frac{ds}{dt} = \frac{dt'}{dt} - 1$$

Veličina  $-\frac{ds}{dt}$  volá sa *chod* hodín. Udáva sa obyčajne zmenšenie stavu za jeden deň. Ak sa hodiny predbiehajú, je  $\frac{dt'}{dt} > 1$ , a teda chod hodín,  $-\frac{ds}{dt}$ , je kladný.

Chod hodín závisí hlavne od teploty, pretože s teplotou mení sa dĺžka kyvadla aj moment zotrvačnosti zotrvačníka nepokojových hodín. Tyč kyvadla presných kyvadlových hodín je preto zhotovená z látky s malou teplotnou rozťažnosťou (invar, kremeň), alebo je postarané o kompenzáciu vplyvu zmien teploty. Hodiny astronomické sa udržujú pri stálej teplote. Naťahujú sa elektricky a ich údaj sa prenáša na pracovné miesto elektromagneticky.

Stav i chod hodín sa určujú astronomickým pozorovaním, nepriamo podľa časových signálov vysielaných rozhlasovými stanicami. Pre najpresnejšiu kontrolu sa vysielajú signály rytmické, predstavujúce *časový nónius*. Keď sa za dobu 59 s vyše 60 signálov, dva po sebe idúce signály určujú sekundu, skrátenu o  $\frac{1}{60}$ . Zhoda  $n$ -tého signálu so sekundo vým údajom kontrolovaných

hodín značí, že začiatok vysielaného rytmického signálu nasledoval o  $\frac{n}{60}$  s po poslednom sekundovom údají tesne pred začiatkom rytmického signálu. Chod hodín meníme zmenou dĺžky kyvadla alebo zmenou účinnej časti pružného pera nepokoja.

Hodiny môžu byť poháňané aj striedavým elektrickým prúdom. Pravda, podmienkou je stála alebo aspoň dostatočne vyrovnaná frekvencia striedavého prúdu.

**10. Jednotky a meranie hmotnosti.** Základnou jednotkou hmotnosti v sústave SI je 1 *kilogram* (kg). Podľa svojej definície (ideálny kilogram) je to hmotnosť 1 dm<sup>3</sup> chemicky čistej vody najväčšej hustoty (3,98 °C) za tlaku 760 torrov. Použitím Archimedovho zákona bol podľa tejto definície kilogramu zhotovený najprv platinový valec s rovnakou hmotnosťou. Potom sa zo zliatiny 90 % Pt a 10 % Ir zhotovili jeho kópie a hmotnosť kópie označenej písmenom K bola prijatá za medzinárodne záväznú jednotku hmotnosti (medzinárodný kilogram). Neskoršími meraniami sa však zistilo, že 1 medzinárodný kilogram je hmotnosť o 0,0027 % väčšia ako kilogram podľa svojej definície:

1 *internacionálny kilogram* = 1,000027 ideálny kilogram, takže 1 dm<sup>3</sup> vody za vyššie uvedených podmienok má hmotnosť (1 : 1,000027) kg int. = = 999,973 g int.

Keďže *tiaže* telies sú úmerné ich *hmotnostiam*, hmotnosť telies určujeme najčastejšie porovnávaním ich tiaží s tiažami závaží so známymi hmotnosťami pomocou prístrojov, ktoré sa nazývajú *váhy*.

Presné váženie sa robí zvyčajne pomocou rovnoramenných váh vahadlových, praktikantských alebo analytických. Tieto váhy sa skladajú z rovnoramenného vahadla, ktoré ostrou hranou (osou vahadla) hranola upevneného na vahadle spočíva na hladkej podložke, nesenej stojanom váh. Na koncoch vahadla, obyčajne tiež na hranoloch, visia misky, na ktoré pri vážení kladieme vážené teleso a závažia. Vahadlo musí mať polohu stálu, čiže jeho ťažisko musí byť pod osou vahadla. Vzdialenosť ťažiska od osi vahadla možno meniť posúvaním závažia pozdĺž jazýčka upevneného na vahadle. Os vahadla a hrany nesúce misky majú byť navzájom rovnobežné a majú ležať v tej istej rovine.

Prikladanie malých závaží nahradzuje na jemných váhach analytických posúvanie jazdca (važiaceho obyčajne 0,01 g) pozdĺž deleného vahadla. Hrany takýchto váh sú pred poškodením pri prenášaní a pod. vždy chránené zariadením (tzv. *aretáciou*), pomocou ktorého sa vahadlo a závesy misiek nadvihnú.

Pokojuvová poloha jazýčka nezatažených váh sa volá *nulová poloha*. Môže sa opravovať pomocou malých skrutiek na koncoch ramien vahadla. Pokojuvová poloha zatažených váh sa volá *poloha rovnovážna*. Za rovnováhy algebraický súčet momentov síl pôsobiacich na vahadlo sa rovná nule. Pri vážení snažíme sa o to, aby rovnovážna poloha zatažených váh splyvala s ich polohou nu-