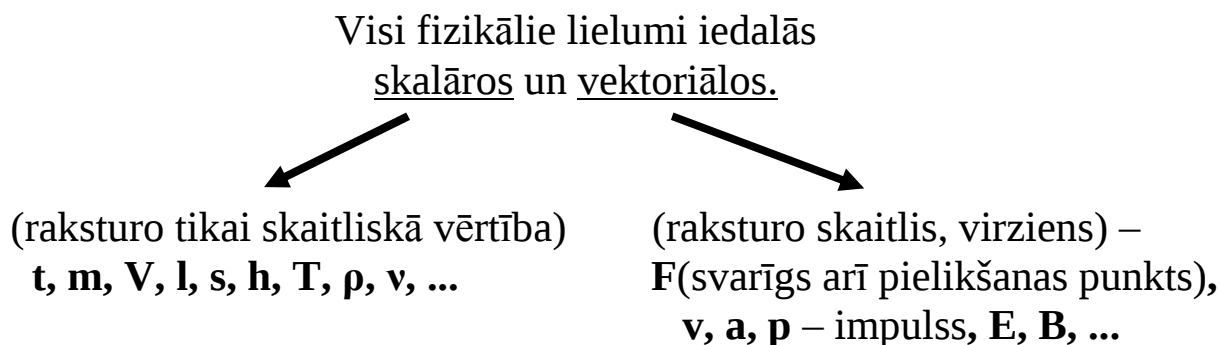


Ievads.**1. Fizikālo lielumu SI sistēma.****(Systeme international d'Unites – universāla fizikālo lielumu sistēma)**

DEFīnīcija – lielumus, kas raksturo fizikālo parādību, kā arī matērijas īpašības, sauc par fizikāliem lielumiem. Tos parasti var izmērīt, jeb savstarpēji salīdzināt vai arī aprēķināt. Piem., ķermeņa garums (l), tilpums (V), masa (m), blīvums (ρ), temperatūra (T), spēks (F), jauda (P), ātrums (v), utt.



Veidojoties tautu sakariem un attīstoties tirdzniecībai, radās nepieciešamība izstrādāt kopīgus mērīšanas standartus starp fizikāliem lielumiem. Metriskā mēru sistēma sāka veidoties 18.gs. beigās. Šādu racionālu metrisko fizikālo lielumu sistēmu **1790.g.** zinātnieku grupai uzdeva izstrādāt Francijas valdība. Tajā par garuma vienību tika pieņemts **metrs**. To ieviesa daudzās Eiropas valstīs. Sākotnēji, 1800.g. metra etalons (paraugs) tika izgatavots kā platīna (Pt) – irīdija (Ir) sakausējuma stienis ar atzīmēm abos galos, ko uzglabāja Parīzē (seifos pie const. temperatūras). Šo metra etalonu sauc par **arhīva metru**. Vienam metram bija jābūt vienādam ar 10^{-7} no Parīzes meridiāna garuma. Kopš 1960.g. metra etalona noteikšanai izmanto redzamās gaismas viļņa garumu ($\lambda = 7,6 \cdot 10^{-7} \dots 3,8 \cdot 10^{-7}$ m vakuumā). Metrs ir arī gaismas stara noietais ceļš vakuumā $1/c$; ($c = 299\,792\,458$ m/s) sekundes laikā. Fizikāliem mērījumiem tehnikā, zinātnē, sadzīvē izmanto pēc etalona izveidotas kopijas.

Masas SI ir kilograms (kg). Kilograma etalons ir ķermenis, kas pagatavots no cēlmetālu platīna (Pt – 90%) un irīdija (Ir – 10%) sakausējuma. Tam ir taisna cilindra forma, kura diametrs un augstums ir ≈ 39 mm. No šī etalona reproducē vajadzīgās precizitātes kopijas ķermeņu masu salīdzināšanai zinātniskiem mērķiem tehnikā un sadzīvē. Etalons tiek uzglabāts Sevra, kas ir pilsēta Parīzes tuvumā.

1956.g. tika pieņemts, ka visu laika vienību pamatā ir 1900.g., kura gada ilgums bija 31 556 926 sekundes. Atompulksteņa izgudrošana ieviesa, t.s. atomu laika jēdzienu.

1967.g. svaru un mēru starptautiskajā konferencē par laika vienību pieņēma atoma sekundi, ko nosaka līdzīgi kā kādu gaismas īpašību, pēc kuras **Sekunde** kā laika vienība ir cēzija izotopa ^{133}Cs izstarotā mikroviļņa 9 192 631 770 svārstību periodu kopējais ilgums, notiekot pārejai starp diviem atomiem atoma pamatstāvokļa hipersīkstruktūras līmeņiem. Tas ir laiks kādā notiek apm. 9 miljardi šā cēzija atoma starojuma svārstību.

Universālā fizikālo lielumu sistēma tika pieņemta **1960.g. XI Ģenerālajā** svaru un mēru konferencē. Bez šīs SI sist. Pamatvienībām pastāv arī atvasinātās (fiz. lielumu mērvienības) un pamatlielumu papildvienības, kas veidotas pēc decimālās sistēmas.

2. Fizikālo lielumu vienības.

Fizikālie lielumi ir, piem., *masa, spēks, strāvas stiprums, ceļš, ātrums, tilpums, blīvums* u.c., kurus lieto fizikas zinātnēs. Fizikālos lielumus nosaka, tos izmērot. Mērīšana ir savstarpēja salīdzināšana. Tā, piem., lai noteiktu, cik liels ir attālums starp diviem punktiem, tas jāsalīdzina ar metra mēru. Lai noteiktu, kāds laiks ir pagājis starp diviem notikumiem, tas jāsalīdzina ar sekundes vai stundas ilgumu u.tml. Tāpēc jāizvēlas katram fizikālam lielumam atbilstošs **mērs**. Tiek izgatavots tā paraugs – **etalons**. Piem., garuma etalons ir metrs, laika etalons ir sekunde, bet masas etalons ir kilograms. Tā kā fizikālos lielumus var mērīt, tiem katram ir sava **vienība**. Tāpēc ar etalonu definē fizikālā lieluma vienību – *m, s, kg*, un šajās vienībās izmēra **lieluma skaitlisko vērtību**. Ja, piem., attālums ir 5m, tad tas ir 5 reizes lielāks nekā metrs. Kad pagājusi minūte, tad aizritējis 60 reizes lielāks laiks sprīdis nekā sekunde.

Fizikā, tehnikā un sadzīvē izmanto daudzas un dažādas vienības. Vienībām jābūt ērti lietojamām. Lai varētu savstarpēji saprasties, visiem būtu jālieto vienas un tās pašas vienības. Laika gaitā fizikālo vienību izvēle ir mainījusies. Mūsdienu pasaulē vispārpieņemti ir **decimālie mēri** un vienības ir izraudzītas saskaņā ar starptautisku vienošanos, un to kopumu sauc par **Starptautisko vienību sistēmu** jeb **SI** vienībām (saīsināti no franču val. *Systeme International*). Visus fizikālos lielumus iedala **pamatlielumos** un **atvasinātos lielumos**.

Starptautiskajā vienību sistēmā (SI) ir norādītas garuma, laika, masas, strāvas stipruma, temperatūras, gaismas stipruma un vielas daudzuma (7) **pamatvienības**. Zinot pamatvienības, var izrēķināt citas, t.s. **atvasinātās fizikālo lielumu vienības**. Arī tās izsaka ar pamatvienībām.

- **Pamatlielumi** (skat.tab.1) – fizikālo lielumu kopums, no kuriem var definēt visus pārējos lielumus (atvasinātos). Katram pamatlielumam ir sava SI pamatvienība, ar kuru var izteikt ikvienu citu SI vienību.
- **Atvasinātie lielumi** (skat.tab.2) – ir lielumi, kurus definē, izmantojot pamatlielumus vai citus atvasinātos lielumus. Atvasinātajiem lielumiem ir savas *SI atvasinātās vienības*, kuras iegūtas no SI pamatvienībām vai citām atvasinātajām vienībām. Tās nosaka no fizikālo lielumu definīciju vienādojumiem un dažkārt tām dod īpašus nosaukumus.

Pamatlielums	Simbols	SI pamatvienība (nosaukums)	Saīsināts apzīmējums (vienība)
Masa	<i>m</i>	kilograms	kg
Garums	<i>l</i>	metrs	m
Laiks	<i>t</i>	sekunde	s
Strāvas stiprums	<i>I</i>	ampērs	A
Temperatūra	<i>T</i>	kelvins	K
Vielas daudzums	<i>v</i>	mols	mol
Gaismas stiprums	<i>I</i>	kandela	cd

1.tab.

2.1 SI pamatvienības.

Fizika ir eksakta zinātne, un tāpēc tā nodarbojas galvenokārt ar pētāmo ķermeņu mērāmajām īpašībām, kuras sauc par *fizikālajiem lielumiem*. Katram no tiem ir piešķirts saīsināts apzīmējums (parasti – viens kursīvā iespiests burts).

Daži apzīmējumi atrodami arī matemātiskajā aprakstā, piem., l – garums (arī s – ceļš), V – tilpums.

Viens no fizikas *pamatlielumiem* ir **garums**, – tas nav dabas likums, kas nosaka, kā jāmēra kāda ceļa posma garums. Mums pašiem jāatrod piemērota mērījumu metode, un mēs varam arī brīvi izvēlēties **garuma vienību**. Daudzās Eiropas valstīs kā garuma vienība tika ieviests metrs (m). Sākotnēji, 1800.g. *metra etalons* bija izgatavots no platīna stieņa un to uzglabāja Parīzē. Šo metra etalonu sauc par *arhīva metru*. Vienam metram bija jābūt $1 \cdot 10^{-7}$ Parīzes meridiāna garuma. Kopš 1960.g. metra etalona noteikšanai tiek izmantots gaismas viļņa garums.

Arī **laiks** ir fizikas pamatlielums. Tā vienību – sekundi (s) – mūsdienās nosaka līdzīgi kā kādu gaismas īpašību, proti, laiku, kādā notiek liels skaits (vairāk nekā 9 miljardi) cēzija atoma starojuma svārstību. Sākotnēji 1 sekunde bija 1/86 400 daļa no vidējās Saules diennakts, ko savukārt noteica laiks, kādā notiek viens Zemes apgrieziens ap savu asi.

- **Kilograms** (kg). Masas SI pamatvienība. Tas ir vienāds ar starptautiskā masas vienības etalona (prototipa) masu. Tas izgatavots kā cilindrisks ķermenis no platīna un irīdija sakausējuma, kuru uzglabā Sevrā netālu no Parīzes.
- **Metrs** (m). Garuma SI pamatvienība. Metrs ir vienāds ar attālumu, kuru gaisma noiet vakuumā laika sprīdī, kas vienāds ar 1/299 792 458 sekundes.
- **Sekunde** (s). Laika SI pamatvienība. Tā ir vienāda ar laika sprīdi, kurā ietilpst 9 192 631 770 svārstību periodi, kādi ir zināmam $^{133}_{55}\text{Cs}$ (cēzija izotopa) atoma starojumam.
- **Ampērs** (A). Elektriskās strāvas stipruma SI pamatvienība. Tas ir vienāds ar tādas const. strāvas stiprumu, kurai plūstot pa diviem taisniem, paralēliem, bezgalīgi gariem vadiem, ja tie novietoti vakuumā 1 m attālumā viens no otra, uz katru vada garuma metru darbojas $2 \cdot 10^{-7}$ N liels spēks.
- **Kelvins** (K). Termodinamiskās temperatūras SI pamatvienība. Tas ir vienāds ar 1/273,16 daļu no ūdens trīskāršā punkta temperatūras (trīskāršais punkts ir stāvoklis, kurā ledus, ūdens un tvaiks atrodas līdzsvarā), kas mērīta absolūtās temperatūras skalā.
- **Mols** (mol). Vielas daudzuma SI pamatvienība (jāievēro, ka tas atšķiras no masas, jo mols satur noteiktu skaitu vielas daļiņu). Vielas molā ir tik daudz daļiņu, cik to ir 0,012 kg oglekļa ^{12}C izotopā, katrā gadījumā konkretizējot daļiņas kā atomus, jonus, elektronus vai citus objektus. Mols ir tāds vielas daudzums, kurā ir $6,02 \cdot 10^{23}$ daļiņu (t.i., *Avogadro skaitlis*), piem., atomu vai molekulu.
- **Kandela** (cd). Gaismas stipruma SI pamatvienība. Šāda stipruma gaismu izstaro 1/600 000 m^2 liela absolūti melna ķermeņa (platīna) virsma tai perpendikulārā virzienā platīna sacietēšanas temperatūrā (2045K) un 101 325 N/m^2 (Pa) spiedienā. (Kandelu stipru gaismu noteiktā virzienā izstaro monohromatisks starotājs, kura frekvence ir $540 \cdot 10^{12}$ Hz un intensitāte ir 1/683 W/sr.)

2.2 Atvasinātie lielumi.

Atvasinātais lielums	Apzīmējums	Definīcijas vienādojums	Atvasinātā SI vienība	Vienības nosaukums	Saīsināts apzīmējums
Ātrums	v	$v = \text{ceļš}/\text{laiks}$	m/s	—	—
Paātrinājums	a	$a = \text{ātrums}/\text{laiks}$	m/s^2	—	—
Spēks	F	$F = \text{masa} \cdot \text{paātrinājums}$	$\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$ [N]	ņūtons	N
Darbs	A	$A = \text{spēks} \cdot \text{ceļš}$	$\text{N} \cdot \text{m}$	džouls	J
Enerģija	W, E	Spēja veikt darbu	J	džouls	J
Jauda	P, N	$P = \text{veiktais darbs}/\text{laiks}$	J/s	Vats	W
Laukums	L, S	Atkarīgs no formas	m^2	—	—
Tilpums	V	Atkarīgs no formas	m^3	—	—
Blīvums	ρ	$\rho = \text{masa}/\text{tilpums}$	kg/m^3	—	—
Spiediens	p	$p = \text{spēks}/\text{laukums}$	N/m^2	paskāls	Pa
Periods	T	Viena cikla ilgums	s	—	—
Frekvence	ν	Ciklu skaits vienā sekundē	1/s	hercs	Hz
Spēka impulss	p_F	$\text{Spēka imp.} = \text{spēks} \cdot \text{laiks}$	$\text{N} \cdot \text{s}$	—	—
Impulss	p	$\text{Impulss} = \text{masa} \cdot \text{ātrums}$	$\text{kg} \cdot \text{m/s}$	—	—
Elektriskais lādiņš	q	$q = \text{strāvas stipr.} \cdot \text{laiks}$	$\text{A} \cdot \text{s}$	kulons	C
Potenciālu starpība	$\Delta\phi$	$\Delta\phi = \text{darbs lādiņa pārvietošanai/lādiņš}$	J/C	volts	V
Kapacitāte	C	$C = \text{lādiņš}/\text{potenciālu starpība}$	C/V	farads	F
Pretestība	R	$R = \text{potenciālu starpība}/\text{strāvas stiprums}$	V/A	oms	Ω

2. tab.

3. SI vienību daļas jeb daudzkārtņi.

Dažkārt SI vienības nav piemērotas – tās ir vai nu par lielām, vai par mazām, piem., 1 metrs ir pārāk liela vienība, lai izmērītu papīra lapas biezumu, bet par mazu astronomisko attālumu izteikšanā. Tādēļ lieto SI vienību daļas jeb daudzkārtņus, un tos pieraksta, apzīmējot ar atbilstošu piedēkli vienības priekšā. Piemēram, 1 milimetrs (mm) ir 1/1000 daļa no metra.

Izraugoties citu mērvienību, fizikālais lielums nemainās. Piemēram, ceļa garums nav atkarīgs no izraudzītās mērvienības. Tāpēc, lai izvairītos no nullēm mērskaitļu pierakstā, fizikā izmanto vienību daļas un daudzkārtņus, kurus pieraksta ar piedēkli (to saīsinājumu) vienības priekšā.

Starptautiskajā vienību sistēmā lieto arī pamatvienību decimālos daudzkārtņus un decimālās daļas. Tā, piemēram, no garuma pamatvienības – metrs (m) iegūst laukuma vienību kvadrātmētru (m^2) un tilpuma vienību kubikmetru (m^3).

Piemērs. $l = 5200 \text{ m} = 5,2 \times 10^3 \text{ m} = 5,2 \text{ km}$ (kilometri);
 $t = 0,000\,002 \text{ s} = 2 \times 10^{-6} \text{ s} = 2 \mu\text{s}$ (mikrosekundes).

Katrā mērījumā mēs iegūstam kādu mērskaitli. Tas iegūst jēgu tikai tad, ja tam līdzās ir mērvienība.

Piemērs. Fizikāls lielums ir = mērskaitlis • mērvienība.
 $l = 5 \cdot 1 \text{ m} = 5 \text{ m} = 50 \text{ dm} = 500 \text{ cm}$.

Reizinātājs	Priedēklis	Saīsinājums	Piemēri
$10^{12} = 1\,000\,000\,000\,000$	tera-	T	6 Tm = Saules sistēmas rādiuss
$10^9 = 1\,000\,000\,000$	giga-	G	1,4 Gm = Saules rādiuss
$10^6 = 1\,000\,000$	mega-	M	6,4 Mm = Zemes rādiuss
$10^3 = 1\,000$	kilo-	k	8 km = Everesta augstums
$10^2 = 100$	hekto-	h	fizikā faktiski nelieto
$10^1 = 10$	deka-	da	fizikā nelieto
$10^{-1} = 0,1$	deci-	d	1 dm = plaukstas platums
$10^{-2} = 0,01$	centi-	c	1 cm = feniņa diametrs
$10^{-3} = 0,001$	mili-	m	1 mm = pirksta naga biezums
$10^{-6} = 0,000\,001$	mikro-	μ	1 μm = vīrusa izmērs
$10^{-9} = 0,000\,000\,001$	nano-	n	1 nm = lielas molekulas diametrs
$10^{-12} = 0,000\,000\,000\,001$	piko-	p	500 pm = atoma rādiuss
$10^{-15} = 0,000\,000\,000\,000\,001$	femto-	f	1 fm = atoma kodola rādiuss

3. tab.

[E – eksa = 10^{18} (- kvintiljons), P – peta = 10^{15} (- kvadriljons),
a – ato = 10^{-18} (- viena kvintiljondaļa)].

Piemēri.

1 THz (1 terahercs) = 10^{12} Hz (triljons hercu)

1 MW (1 megavats) = 10^6 W (miljons vatu)

1 kV (1 kilovolts) = 10^3 V (tūkstošs voltu)

1 μ A (1 mikroampērs) = 10^{-6} A (ampēra miljondaļa)

1 nm (1 nanometrs) = 10^{-9} m (metra miljardaļa)

1 pf (1 pikofarads) = 10^{-12} F (farada triljondaļa)

1 fs (1 femtosekunde) = 10^{-15} s (sekundes kvadriljondaļa)

Lieto arī atvasināto vienību decimālos daudzkārtņus un decimālās daļas. Tā, piem., atmosfēras spiedienu ērti izteikt kilopaskālos kPa (1 kPa = 10^3 Pa), lielas enerģijas var mērīt megadžoulos MJ (1 MJ = 10^6 J), vāju strāvu parasti mēra miliampēros mA (1 mA = 10^{-3} A) vai pat mikroampēros μ A (1 μ A = 10^{-6} A) u. tml.

Fizikāls lielums	Vienības nosaukums	Vienības apzīmējums
Spēks	ņūtons	N
Spiediens	paskāls	Pa
Enerģija	džouls	J
Darbs	džouls	J
Jauda	vats	W
Elektriskais lādiņš	kulons	C
Elektriskais spriegums	volts	V
Elektriskā pretestība	oms	Ω
Elektriskā vadītspēja	sīmenss	S
Apgaismojums	lukss	lx

4. tab.

Eksistē arī vēl vairākas citas atvasinātās vienības. Tā, piemēram,;

spiediens dzīvsudraba stabiņa milimetros – 1 mmHg = 133,3 Pa,

spiediens atmosfērās – 1 atm = $1,01 \cdot 10^5$ Pa,

siltuma daudzums kalorijās – 1 cal = 4,19 J,

siltuma daudzums lielajās kalorijās – 1 Cal = 4187 J,

jauda zirgspēkos – 1 Zs = 736 W,

temperatūra Celsija grādos (t), ja tā dota kelvinos (T): $t = (T - 273,15) ^\circ\text{C}$,

spiediens paskālos – 1 Pa = $9,87 \cdot 10^{-6}$ atm = $7,5 \cdot 10^{-3}$ mmHg,

siltuma daudzums džoulos – 1 J = 0,24 cal,

jauda vatos – 1 W = 0,00136 Zs,

180° liels leņķis – π radiāni jeb 3,14 radiāni, u.tml.

4. Īsa hronoloģiska fizikālo un astronomisko mērījumu attīstības gaita.

VII – VI g. tūkst. p.m.ē. – saules pulksteņa izveide, astronomiskie mērījumi.

III g. tūkst. p.m.ē. – Ēģiptē laika noteikšanai dienā lieto saules pulksteņus, bet naktī – ūdens pulksteņus.

Apm. 3800. g. p.m.ē. – pati senākā svara vienība ir beka ēģiptiešu civilizācijas amratas periodā, kuru atrada Nakadē, Ēģiptē. Atsvaram bija cilindriska forma ar noapaļotiem galiem. Atsvaru masa bija robežās no 188,7 līdz 211,2 g.

2782. g. p.m.ē. – pēc daudzu zinātnieku domām tika ieviests ēģiptiešu "saules kalendārs".

2700. – 2400. g. p.m.ē. – Ēģiptē uzceltas piramīdas. Aprēķinos ēģiptieši izmantoja dažādas atziņas astronomijā, ģeometrijā, kā arī nivelēšanas metodes.

2137. g. p.m.ē. – iespējams, ka apmēram šajā laikā ķīniešu astronomi izskaitļoja Saules un Mēness aptumsumu periodus.

II g. tūkst. sākums p.m.ē. – senās Babilonijas astronomi izstrādāja teoriju par Saules, Mēness un planētu kustību, modelējot to ar astoņām sfērām. Par pirmo sfēru viņi uzskatīja Mēness sfēru, kuras centrā atrodas Zeme.

II g. tūkst. otrā puse p.m.ē. – Ķīnā lietoja kalendāru, kas pamatojās uz saules gada ilgumu (365,25 dienas) un mēneša ilgums (29,5 dienas).

VIII gs. p.m.ē. – Mezopotāmijā nodibināts regulāru astronomisko novērojumu dienests.

Apm. 700 g. p.m.ē. – Ķīnā konstruēti ūdens pulksteņi.

III gs. p.m.ē. – Eratosfēns izstrādāja etapu principu Zemes mērīšanai.

Apm. 200 g. p.m.ē. – izgudrota astrolabija – instruments zvaigžņu augstuma mērīšanai.

Par izgudrojuma autoru uzskata Apolonu no Pergskas;

- Hiparhs no Nikonas aprēķināja saules gada ilgumu (ar precizitāti līdz 6 minūtēm), ekliptikas slīpumu pret debess ekvatoru, atklāja pavasara saulgriežu precesiju, noteica Mēness paralaksi, Saules orbītas ekscentritāti u.c.

140 – 86. g. p.m.ē. – Ķīnā notiek kalendāra reforma.

V – VIII gs. – Tikalas pilsētvalsts (tag. Gvatemalas teritorija) indiāņu izcelsmes tautas – maiju astronomi noskaidroja, ka 149 Mēness mēneši sastāda 4400 dienas, un tādējādi aprēķināja sinodiskā mēneša ilgumu – 29,53020 dienas (pēc mūsdienu datiem – 29,53059 dienas).

X gs. – Ar-Razi (al-Razi, latinizēts vārds – Razes) izveidoja hidrostatiskos svarus vielu blīvuma noteikšanai. Vēlāk al-Biruni ar lielu precizitāti noteica blīvumu 18 metāliem un dārgakmeņiem;

– Bagdādē astronomiskiem mērījumiem sāk izmantot sekstantu, kura rādiuss bija 58 pēdas (t.i., apm. 17 m).

1020. g. – vidusāziešu zinātnieks Biruni aprēķināja, ka ekliptikas nolieces leņķis pret ekvatora plakni vienāds ar $23^{\circ} 34' 00''$ (pēc mūsdienu datiem tā lielums ir $23^{\circ} 34' 45''$).

Apm. 1300. g. Eiropā izgudroti mehāniskie pulksteņi, kuros izmantotas vērpes svārstības. Šis izgudrojums veicināja laika noteikšanas precizitātes pieaugumu.

1370. g. – Parīzē notiek pulksteņu sinhronizācija.

1582. g. – Katoļu baznīca pāvesta Gregora XIII laikā pieņēma jaunu – gregoriāņu kalendāru, kurā bija vecā – jūlija kalendāra labojums (pēc 4. oktobra sekoja 15. oktobris).

1597. g. – G. Galilejs konstruēja pirmo termometru (bez gaisa atsūkņēšanas, ar vaļēju cauruli).

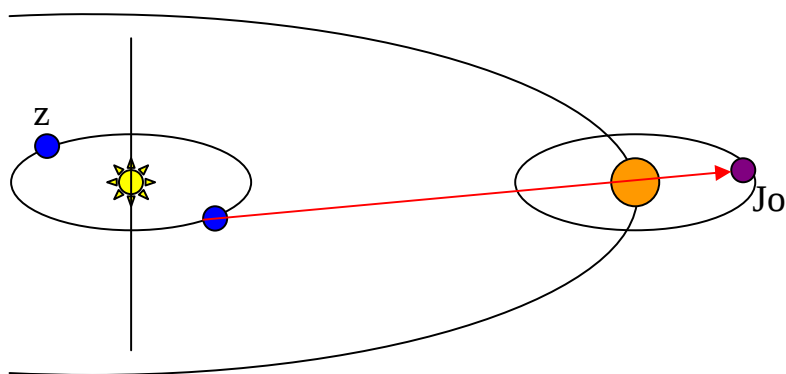
1646. g. – Ruānā B. Paskāls uzstāda pirmo ūdens barometru ($h > 10$ m).

1647. g. – B. Paskāls veica eksperimentus gaisa spiediena pētīšanai. Atsūkņējot gaisu no telpas virs dzīvsudraba traukā, kā arī salīdzinot gaisa spiedienu kalna pakājē un kalna galā, Paskāls pierādīja gaisa spiediena atkarību no augstuma virs jūras līmeņa.

1670. g. – Lionas astronoms G. Mutons ieteica izmantot par garuma vienību meridiāna loka garumu, kas atbilst $1'$ lielam centra leņķim. Pieņemot, ka Zeme ir lode un meridiāna garums 40010,5 km, kā arī ievērojot, ka $360^0 = 21\ 600'$, iegūstam, ka $1'$ atbilstošā lokā garums ir apm. vienāds ar $l \approx 1852$ m.

1675. g. – dāņu astronoms O. Rēmers novērojot Jupitera tuvākā pavadoņa Jo aptumsumu, ievēroja, ka dažos Saules, Jupitera un Zemes savstarpējos stāvokļos šī pavadoņa aptumsuma sākums aizkavējas par 16 min un 36,4 s. Pēc Rēmera novērojumiem izriet, ka gaismas ātrums ir

$$c = 299 \cdot 10^6 \text{ km} / 996,4 \text{ s} = 300\ 080\ 3 \text{ km/s.}$$



1. att.

Tā kā Jupitera orbītas rādiuss ir ievērojami lielāks par Zemes orbītas rādiusu, bet Jupitera orbitālais ātrums ir mazs salīdzinājumā ar Zemes orbitālo ātrumu, tad Jo apriņķojuma periodā Zemes un Jupitera savstarpējais stāvoklis praktiski nemainās.

Rēmers pavadoņa Jo aptumsuma kavēšanos izskaidroja ar to, ka šajā gadījumā gaismas stars, kas nāk no Jo, noiet lielāku ceļa gabalu nekā iepriekš, pie tam šo ceļu starpība ir vienāda ar Zemes orbītas diametru (299 milj. km) – skat. 1 att.

1702. – 1703. g. – G. Amontons ierosināja mērīt temperatūru, pamatojoties uz gāzu spiedienu tilpuma iekšienē. Viņš nonāca pie absolūtās nulles idejas, tas ir, temperatūras, kurā gāzes spiediens ir nulle.

1714. g. – Daniels Fārenheits izgatavoja dzīvsudraba termometru, kura darbības pamatā ir dzīvsudraba izplešanās. Viņš ieteica temperatūras skalu, kurā temperatūras intervāls starp ledus kušanas un ūdens vārīšanās punktiem sadalīts 180 daļās (vai grādos). Ir zināmi arī agrāki mēģinājumi konstruēt stabilu termometru: G. Galilejs (1597.g.), F. Bēkons (1620.g.), E. Torričelli (spirta termometrs, 1641.g.), O. fon Gērike (1672.g.) u.c.

1725. g. – Dž. Bredlijs novēro "nekustīgu" zvaigžņu gaismas aberāciju. Vēlāk viņš noteica gaismas ātruma lielumu, kas atbilda O. Rēmera 1676. g. noteiktajam lielumam.

1742. g. – zviedru astronoms un fiziķis Anders Celsijs (1701 – 1744) ieteica 100 grādu temperatūras skalu, kurā par nulli grādiem pieņēma ledus kušanas temperatūru, bet par simts grādiem – ūdens vārīšanās temperatūru.

1789. g. – zinātnieku grupa no Parīzes Zinātņu akadēmijas (dibin. 1666. g.) Francijā lemj kā sistematizēt esošo mērvienību daudzveidību.

1791. g. – Francijā izstrādāta metriskā vienību sistēma.

1791. g. – sākotnēji metru noteica, pamatojoties uz sarežģītu zemes mērīšanas programmu. Franču revolūcijas laikā 1791. g. Francijas Nacionālā sapulce nobalsoja par to, ka par garuma vienību tiek pieņemta Parīzes ģeogrāfiskā meridiāna ceturtdaļas $1/10\,000\,000$ daļa. Vienīgais iemesls, kāpēc brīvi izvēlētam standartam pielāgoja tik precīzu daļskaitli, bija iespēja jebkurā brīdī šo standartu atražot, pieņemot, ka Zeme vienmēr paliks nemainīga. Ģeodēziskā biedrība tiešām izmērīja Zemes meridiāna loku visā tā garumā no Dinkerkas Lamanša krastā līdz Monžo Barselonas tuvumā Spānijā. Šim lokam atbilstošo leņķi varēja noteikt astronomiskos novērojumos. Piemēram, kādas vietas ģeogrāfiskais platums ziemeļu puslodē vienāds ar leņķi, kas veidojas starp horizontu un virzienu uz Polārzcizni. Šā loka dienvidu gala atrašanās vietas koordināta bija $41,5^{\circ}$ ziemeļu platuma grādi, bet ziemeļu gala – 51° ziemeļu platuma grādi. Tādējādi ģeodēzistu izmērītajam lokam atbilstošais leņķis bija $9,5^{\circ}$. Izraugoties pamatlieluma vienības etalonu, nepieciešams, lai ar šo etalonu ērti varētu veikt salīdzināšanu mērīšanas procesā. Maz ticams, ka kāds gribēs atkārtot Zemes meridiāna loka mērīšanu: pat salīdzināšana ar metra etalonu – noteikta garuma platīna-irīdija sakausējuma stieni, ir apgrūtināša. **1983. g. 17. ģenerālā mēru un svaru konference** pieņēma jaunu metra definīciju: 1 m ir ceļa garums, ko vakuumā gaisma veic $1/299\,792\,458$ s. Jāpiezīmē, ka šādu etalonu nevar ne nozagt, ne nolietot, ne arī sabojāt, bet optiskie mērinstrumenti, kurus lieto salīdzināšanai, ir pietiekami lēti un ērti lietošanai.

1822. g. – D. Arago un H. Pronī nosaka skaņas izplatīšanās ātrumu gaisā. Pēc viņu aprēķiniem tas ir 331,3 m/s.

1832. g. – pagrieziena punkts metroloģijā. Kārlis Frīdrihs Gauss mēra Zemes magnētisko lauku.

1833. – 1839. g. – vācu fiziķis V. Vēbers konstruē iekārtu magnētisko lielumu noteikšanai (inklinators, pārnēsājamais magnetometrs).

1849. g. – A. Fizo, izdarot mērījumus laboratorijas apstākļos, noteica gaismas ātrumu gaisā: $c = 315\,300$ km/s. **1874. g.** M. Kornī, pilnveidojot Fizo metodi, ieguva precīzāku rezultātu: $c = 300\,030$ km/s.

1923. g. – R. Milikenam piešķir Nobela prēmiju fizikā par pētījumiem, kas veikti laikposmā no 1913. – 1917. g. Ar tā saucamā "Milikena kondensatora" palīdzību R. Milikens noteica, ka elektrona lādiņš ir vienāds ar elementārlādiņu.

1961. g. – Starptautiskajā ķīmiķu kongresā tika ieteikts oglekļa izotopu ^{12}C ņemt par pamatu jaunai atommasu skalai (skābekļa skalas vietā). Šī oglekļa atommasu skala tika jau pieņemta starptautiskajā fiziķu kongresā (**1960. g.**). Pēc tās nosaka ķīmiskā elementa atoma relatīvo masu, ko izsaka ar attiecīgā ķīmiskā elementa atoma vidējās masas (ievērojot elementa izotopus un to izplatību dabā) attiecību pret $1/12$ no oglekļa izotopa $^{12}_6\text{C}$ atoma masas. Līdz tam tika izmantota fizikālā atommasu skala, kurā atomu masu attiecināja pret $1/16$ no $^{16}_8\text{O}$ atoma masas, un ķīmiskā atommasu skala, kurā atoma masu attiecināja pret $1/16$ no dabiskā skābekļa $^{16}_8\text{O}$, $^{17}_8\text{O}$, $^{18}_8\text{O}$ izotopu maisījuma vidējās atommasas. Līdz 20. gs. 60. gadiem lietoja terminu "atomsvars".

Nobeigums.

Sākumā cilvēkiem skaitīšanai pietika ar roku un kāju pirkstiem. Taču drīz tika ieviesti rēķināšanas kociņi un skaitīšanas sistēmas, lai pierakstītu un aprēķinātu mērījumus.

Sākotnēji astrolabs bija apaļa debess karte, kuru senie astronomi izmantoja zvaigžņu un planētu augstuma mērīšanai. Agrīnajos viduslaikos arābu zinātnieki pārveidoja astrolabu par instrumentu, ar kuru varēja noteikt platuma grādus. Tas palīdzēja arī orientēties, kuģojot jūrās.

Zināms, ka pirmos atsvarus mūslaiku izpratnē aptuveni pirms 4600 gadiem lietojuši babilonieši. Senie ēģiptieši pirms vairāk nekā 5000 gadiem izmantoja precīzus svarus un atsvarus dārgakmeņu un zelta svēršanai.

Senā Ēģipte ir pirmā vieta, kur tika izmantoti saules pulksteņi, ar kuriem laiku noteica pēc Saules kustības pa debesīm. Babilonieši sadalīja saules pulksteņa apli 360 daļās jeb grādos un 12 stundās. Viduslaikos ļoti iecienīti bija smilšu pulksteņi. Pirmais atompulkstenis tika izgudrots 1969. gadā. Atompulksteņu apbrīnojamā precizitāte ir tāda, ka 1,6 miljonus gadu tie atpaliktu tikai par 1 sekundi.

Senie ēģiptieši un senie romieši kā mērvienības izmantoja cilvēka ķermeņa daļas. Viņi izmantoja plaukstas, pēdas un rokas garumu. Taču šie mērījumi bija atkarīgi no konkrētā cilvēka izmēriem, kurš tos veica. Galu galā tika pieņemta standarta mēru un svaru sistēma.

Ap 1660. gadu tika izgatavots pirmais spirta termometrs, kurā spirts sasilstot stabiņā cēlās augšup. 1714. gadā vācu zinātnieks Gabriels Fārenheits izveidoja daudz precīzāku termometru, aizstājot spirtu ar dzīvsudrabu.

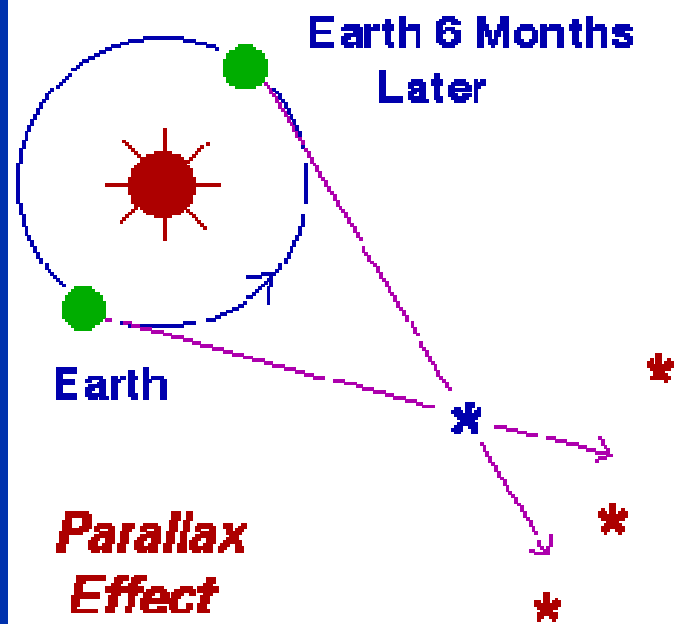
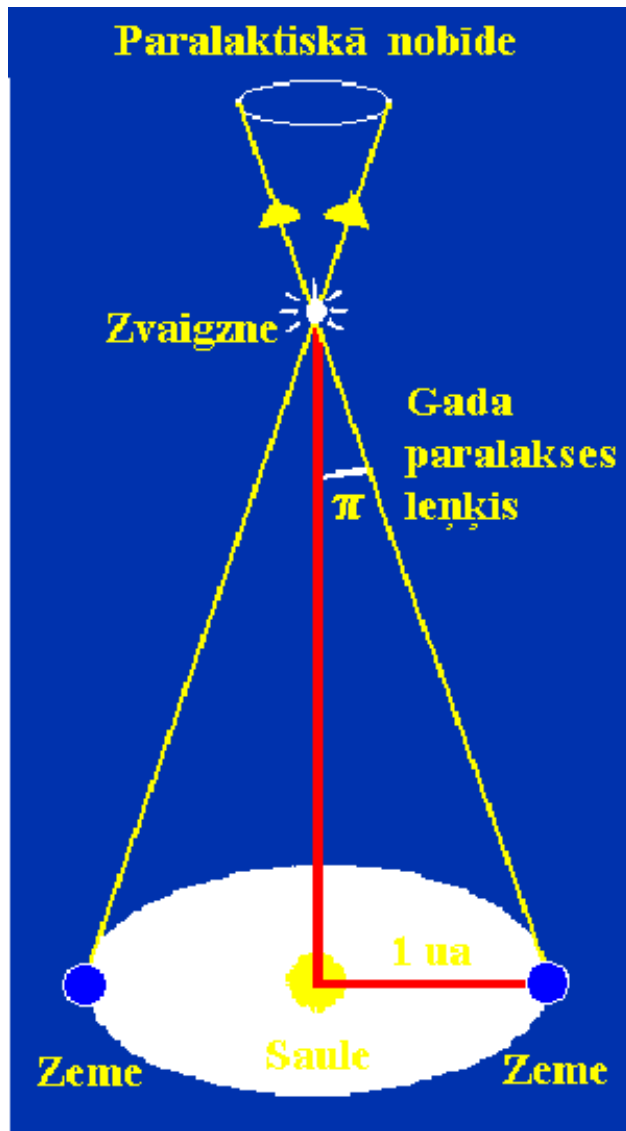
Veikt mērījumus uz Zemes ir samērā vienkārši. Lai izmērītu cik liels vai garš ir kāds priekšmets, mēs izmantojam vai nu labi zināmo metrisko mērīšanas sistēmu (kilometrs, metrs, centimetrs), vai arī angļu mēru sistēmu (jūdze, jards, pēda, colla). Šīs pašas mērīšanas sistēmas izmanto arī Visumā – gan tad, kad jānosaka tāda neliela objekta izmēri, kāds ir, piemēram, krāteris uz Mēness, gan arī tad, kad jāuzzina, cik tālu no Saules atrodas Plūtons.

Daži objekti ir tik lieli vai atrodas tik tālu, ka šīs mērīšanas sistēmas izmantot nav iespējams, jo skaitļi kļūst milzīgi un neparocīgi aprēķiniem. Astronomi lieto dažādas mērvienības. Saules sistēmā viņi izmanto astronomisko vienību (AU). Viena astronomiskā vienība ir vienāda ar vidējo attālumu no Zemes līdz Saulei, un šo vienību izmanto attālumu mērīšanai līdz citiem debess ķermeņiem; attālums no Marsa līdz Saulei ir 1,5 AU, no Jupitera līdz Saulei – 5,2 AU utt.

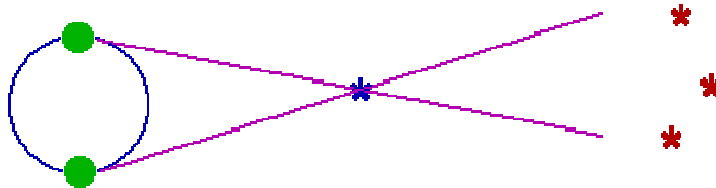
Veicot mērījumus ārpus Saules sistēmas, t. i., nosakot attālumus līdz zvaigznēm un galaktikām vai arī starp galaktikām, astronomi izmanto citas mērvienības, proti, gaismas gadus (ly) un parsekus (1 pc = 3,262 ly). Nekas nepārvietojas tik ātri kā gaisma – tās izplatīšanās ātrums ir 299 792 km/s. Gaismas gads ir attālums, ko gaisma veic viena gada laikā; 1 ly = 9 460 700 000 000 km jeb 9,46 miljardi kilometru. Piena ceļa Galaktika stiepjas 100 000 ly garumā.

Zinot Zemes orbītas rādiusu, ar paralakses palīdzību var aprēķināt attālumus līdz zvaigznēm. Pirmo reizi paralaksi noteica F. V. Beselis 1838. gadā zvaigznei Gulbja 61. Tā kā Zeme gada laikā apriņķo Sauli, zvaigznes stāvoklis pie debess šķietami mainās, attēlojot Zemes kustībuniecīgas elipses veidā. Šīs elipses rādiusu sauc par gada paralaksi. Jo tālāk atrodas zvaigzne, jo mazāka ir elipse (skat. pielikuma att.).

Pielikuma attēli



*Large
Parallax
Angle*



*Small
Parallax
Angle*

