

## Astronoomia termineid (mis ei tarvitse tuttavad olla)

- aastaparallaks Maa orbiidi raadiuse pikkusele nihkele vastav vaatesuuna muutus. Ehk teiste sõnadega: nurk, mille all paistab Maa orbiidi raadius vaadeldavalt objektilt vaadatuna
- horisondiline parallaks Maa raadiuse pikkusele nihkele vastav vaatesuuna muutus (nurk, mille all paistab Maa raadius vaadeldavalt objektilt vaadatuna).
- afeel ümber Päikese tiirleva objekti kõige kaugem asend Päikese suhtes
- ajavõrrand ei ole võrrand, vaid arv, mis näitab keskmise ja tõelise päikeseaja erinevust
- alumine ühendus siseplaneedi asend Maa ja Päikese vahel, kui nad on kohakuti
- ülemine ühendus siseplaneedi asend Maalt vaadatuna Päikese taga, kui nad on kohakuti
- apogee ümber Maa tiirleva objekti kõige kaugem asend Maa suhtes
- apotsenter ümber suvalise taevakeha tiirleva objekti kõige kaugem asend selle taevakeha suhtes
- asimuut nurk maapinnal põhjasuunast ida poole
- asimutaalne monteering teleskoobi kinnitus, mis võimaldab teda pöörata ümber vertikaalse ning horisontaalasendis telje (muutes asimuuti ja kõrgust)
- parallaktiline monteering teleskoobi kinnitus, kus üks telgedest on paralleelne Maa teljega (suunatud taeva põhjapoolusele), teine (käändetelg) on sellega risti.
- Baasjoon radioastronoomias kasutatav mõiste, millega tähistatakse kahe teleskoobi vahelist kaugust.
- ekvaatoriline montering – sama
- astronoomiline ühik lüh. aü, Maa keskmine kaugus Päikesest, 149,6 milj. km
- Doppleri efekt heli või valguse lainepikkuse sõltuvus allika liikumisest vastuvõtja suhtes (allika lähenemisel lainepikkus väheneb (sininihe), kaugenedes suureneb (punanihe))
- ekliptika Päikese näiv tee tähistaevas (suuring, tekib Maa orbiidi tasandi lõikumisel taevafääriga); on ekliptiliste koordinaatide ekvaatoriks
- ekstsentrilisus ellipsi lapikust väljendav parameeter  $e^2 = (a^2 - b^2)/a^2$ ;  $e = \sqrt{g(2 - g)}$ .
- elliptilisus = lapikus, pöördkeha kokkusurutust väljendav arv  $g = (b - a)/a$ , kus b on pöördkeha ekvaatori, a aga pooluse kaugus keha keskpunktist.
- elongatsioon planeedi nurkkaugus Päikesest; siseplaneetidel mõeldakse tavaliselt suurimat võimalikku nurkkaugust; eristatakse idapoolset (planeet Päikesest vasakul) ja läänepoolset elongatsiooni
- emisioonijooned heledad spektrijooned, kus keha kiirgab rohkem kui naaber-lainepikkustel
- faas astronoomias taevakeha valgustatud (nähtava) osa pindala suhe kogu taevakeha pindalasse. Muutub nullist (näeme ainult valgustamata külge) üheni (kogu nähtav külge on valgustatud)
- fookus punkt, kuhu koonduvad kumerläätsel läbinud või nõguspeeglist peegeldunud kiired
- fookusekaugus fookuse kaugus läätsest või peeglist
- fokaaltasand läätse või peegli paralleelne tasand, millel asub fookus
- gammakiirgus elektromagnetkiirgus lainepikkusega alla 0,001 nanomeetrit
- geostatsionaarne orbiit tehiskaaslase orbiit, mis asub ekvaatori kohal ja kus tiirlemisperiood on võrdne Maa pöörlemisperioodiga tähistaeva suhtes
- gravitatsioonijõud kehade vahel tekkiv tõmbejõud, võrdeline kehade massidega
- gravitatsioonikonstant gravitatsiooniseaduse numbriline kordaja ( $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ )
- hajusparved täheparved, kus tähti on vähe ja nad paiknevad hajusalt ja ei ole gravitatsiooniliselt seotud
- HR diagramm = Hertzsprung-Russelli diagramm kujutab tähe heleduse (kiirusvõime) ja spektriklassi (värvuse, temperatuuri) vahelist seost
- Hubble'i diagramm galaktikate klassifikatsiooni väljendav joonis, vt. valemid
- Hubble'i seadus galaktika punanihe on võrdeline tema kaugusega
- Hubble'i konstant võrdetegur Hubble'i seaduses  $H = 75 \text{ km/s/Mpc}$
- infrapunakiirgus elektromagnetkiirgus lainepikkustega 0,7 mikromeetrist ühe millimeetritini

juuliuse päevad:	katkemaatu ajaarvestus päevades. 25.12.2010 = 24 555 555,5 JD
kerasparv	tihe ja massiivne (vana) täheparv, üle miljoni tähe, kerakujuline, gravitatsiooniliselt seotud
keskmine päikeseaeg	$k_a$ „keskmise päikese aeg“ aeg, mida mõõdetakse piki taevaekvaatorit ühtlaselt liikuva punkti (nn. keskmise päikese) järgi; nagu tõeline Päike, teeb la keskmine täistiiru ümber Maa ühe troopilise aasta jooksul
kevadpunkt	(Kalade tähtkujus) taevaekvaatori ja ekliptika lõikepunkt, otsetõusu nullpunkt
kosmoloogiline konstant	$\Lambda$ , kosmoloogilise mudeli ajast sõltumatu konstant ( $\Omega_\Lambda \approx 0,7$ ), seostatakse tumeenergia
Kuiperi vöö	Päikesesüsteemi ääreala, 30 – 55 aü. kaugusele jääv kettakujuline piirkond, kus tiirlevad nn. Neptuuni-tagused objektid (ingl. TNO = transneptunian object)
kääne	ekvaatoriline taevakoordinaat, väljendab objekti nurkkaugust taevaekvaatorist.
otsetõus	ekvaatoriline taevakoordinaat, väljendab kevadpunkti ja vaadeldava objekti kulminatsiooniaegade vahet täheajas. Loetakse idast läände, 0 tunnist 24 tunnini
Lagrange punktid	tõmbetsentri ümber tiirleva objekti lähedal asuvad punktid, kuhu asetatud keha jääb selle objekti suhtes paigale
lahutusvõime	teleskoobi või kaamera abil eristatavate punktallikate minimaalne nurkkaugus. Sõltub kiirguse lainepikkusest ja teleskoobi läbimõõdust. Vt. valem.
meteoor	, meteoriit, boliid Maa atmosfääri tungiv kosmiline objekt
must auk	objekt, kust valgus välja ei pääse (paokiirus on võrdne valguse kiirusega)
muutlik täht	täht, mille heledus või värvus muutub
neutronitäht	täht, mida hoiab tasakaalus neutronite kvantjaotus (Fermi gaas)
reflektor	peegelteleskoop (objektiiviks on nõguspeegel)
refraktor	läästteleskoop (objektiiviks on kumerlääts)
seniit	lagipunkt, mis jääb otse vaatleja pea kohale
nadiir	punkt, mis asub seniidist vastassuunas (otse allpool)
noova	„uus täht“, muutlik täht, mille heledus lühiajaliselt suureneb kuni 100000 korda
omaliikumine	tähe nihkumine taevastema ruumliikumise tagajärjel Omaliikumist väljendatakse eraldi käändes ja otsetõusus, mõlemas kaaresekundites aasta kohta
paokiirus	kiirus, mis on vajalik gravitatsiooniväljast lahkumiseks. Leitakse kineetilise ja potentsiaalse energia võrdsusest
ringkiirus	gravitatsiooniväljas ringorbiidil püsimiseks vajalik kiirus. Leitakse kesktõmbe- ja gravitatsioonijõu võrdsusest
parsek	pikkusühik tähtede vahelise kauguse määramiseks parallaksist, vastab aasta-parallaksile üks kaaresekund
peegeludu	tolmust koosnev udukogu, mis peegeldab tähevalgust
peajada	piirkond HR diagrammil, kus asuvad tähed, mille energiaallikaks on vesiniku põlemine tuumas. Et see on kõige energiarikkam allikas, viibivad tähed peajadal enamiku oma elust
planeedid	a) Päikesesüsteemis: Merkuur, Veenus, Maa, Mars, Jupiter, Saturn, Uraan, Neptuun. b) eksoplaneedid – planeedid teiste tähtede juures
planetaarne udukogu	keraja sümmeetriaga gaasudu, mis ümbritseb väga kuuma (kuni 100000K) tähte. Väikeses teleskoobis sarnaneb planeedi kettaga
pooluselähedased	(tsirkumpolaarsed) tähed, mille kääne on suurem kui $90^\circ - \varphi$ (vaatluskoha laiuskraad) ja mis kunagi ei looju. Eestikeelses kirjanduses kasutatakse sõnu „mittelojuvad tähed“
pulsarid	kiiresti pöörlevad neutronitähed, millelt tuleb Maale katkendlik radiokiirgus
punanihe	tähe spektrijoone lainepikkuse suurenemine Doppleri efekti tagajärjel (täht eemaldub)
päikesekell	ajamõõtja, kus aega näitab Päikese poolt valgustatud eseme (näit. varda) vari
päikeselaik (-plekk)	madalama temperatuuriga piirkond Päikesel, mis paistab tumedana
päikesetuul	Päikesest lähtuv laetud osakeste voog
pärsskiirgus	elektronide pidurdamisega kaasnev elektromagnetiline kiirgus

radiaalkiirus	astronoomias alati kiirusvektori vaatesuunaline komponent (lähenemis- või kaugenemiskiirus), mõõdetakse Doppleri efekti järgi, avaldatakse km/s
raskujõud	tavaliselt: planeedi pinnal asuvale kehale mõjuv gravitatsioonijõud
relatiivsusteooria	vt. erirelatiivsusteooria valemid
raadiokiirus	elektromagnetkiirus lainepikkustega üle ühe millimeetri
reliktkiirus	(reliktfoot, mikrolainefoon, taustkiirus) maailmaruumi ühtlaselt täitev elektromagnetkiirus, vastab soojuskiirgusele temperatuuril 2,7K
Roche piir	kaugus, millest lähemal olevad objektid lagunevad tsentraalkoha gravitatsiooni mõjul
reflektor	peegelteleskoop (objektiiviks on nõguspeegel)
refraktor	läästteleskoop (objektiiviks on kumerlääts)
röntgenikiirus	(ka X-kiirus) elektromagnetkiirus lainepikkustel 0,001 – 1 nanomeetrit
saaros	päikese- ja kuuvarjutuste kordumise periood, mis võrdub 18 aasta 11 päeva ja 8 tunniga
sideeriline periood	pöörlemis- või tiirlemisperiood tähistaeva suhtes
sininihe	tähe spektrijoone lainepikkuse vähenemine Doppleri efekti tagajärjel (täht läheneb)
sõlm	(orbiidi sõlm) – punkt, kus planeedi või kaaslaste orbiit lõikub ekliptika tasandiga. Kui objekt suundub põhjapoolkerale, on tegu tõususõlmega, kui lõunapoolkerale, siis veerusõlmega
sodiaak	„loomaring“ ekliptikal asuvad 12 tähtkuju, kevadpunktist alates Kalad, Jäär, Sõnn, Kaksikud, Vähk, Lõvi (sügispunkt), Neitsi, Kaalud, Skorpion, Ambur, Kaljukits.
spektriklassid	tähespektrite klassifikatsioon; temperatuuri vähenedes: O(30000K)-B-A-F-G-K-M(3000K)
supernoova	täht, mis plahvatab, muutudes lühiajaliselt väga heledaks (kuni $10^{10}$ Päikest)
sünoodiline periood	pöörlemis- või tiirlemisperiood mõne muu, tähtede suhtes liikuva objekti (enamasti Päikese) suhtes
tumeaine	nähtamatutest osakestest koosnev hajusaine, mis on vajalik galaktikate ja galaktikaparvede koos püsimiseks
tsefeiidid	pulseerivate muutlike tähtede liik, kus heleduse muutumise periood on kooskõlas tähe heledusega.
tähesuurus	süsteem tähtede heleduste võrdlemiseks: tähesuuruste vahe 5 tähesuurust vastab 100-kordsele heleduste erinevusele. Mida heledam on täht, seda väiksem on tema tähesuurust väljendav arv; lubatud on ka negatiivsed tähesuurused. Vt. valemid
absoluutne tähesuurus (ka absoluutne heledus)	vaadeldava tähe tähesuurus juhul, kui ta asuks 10 parseki kaugusel (aastaparallaks oleks 0,1 kaaresekundit)
ultraviolettkiirus	elektromagnetkiirus lainepikkustel 1 kuni 400 nanomeetrit ( $10^{-9}$ m)
valgus („nähtav valgus“)	elektromagnetkiirus lainepikkustel 0,4 kuni 0,7 mikromeetrit
valgusaasta	vahemaa, mille valgus läbib ühe troopilise aasta jooksul, $9,5 \cdot 10^{12}$ km
valge kääbus	täht, mida hoiab tasakaalus elektronide kvantjaotus. Piirmass 1,4 Päikese massi
varjutus	taevakeha kadumine teise taevakeha poolt tekitatud varju (ingl/lad. eclipse) või teise taevakeha taha (ingl/lad. occultation). Eesti keeles on proovitud neid eristada, kasutades sõnu „varjumine“ ja „kattumine“. See on oluline, kui näha on mõlemat tüüpi sündmused (näit. Jupiteri kaaslaste korral),

## Matemaatika algkursus.

Olümpiaadiülesanded (ka noorema rühma omad) sisaldavad matemaatilisi võtteid, mida meie koolides ei õpetata. Püüan neid selgitada niivõrd, kui võrd see on vajalik ülesannetega toime tulemiseks.

## Aritmeetika.

1. Suured ja väikesed arvud. Kõik astronoomias kasutatavad numbrid väljendavad millegi suurust. Suurust iseloomustavate arvude taga on mõõtühikud, mis on kohaldatud igapäevaste maapealsete asjade mõõtmiseks. Kosmoses toob nende kasutamine kaasa väga suured arvud. Kui mingit arvu nendega jagada, saame üliväikese arvu. Selliste arvude üleskirjutamisel kasutame järguliiget

$$149\,000\,000\text{ km} = 1,49 \cdot 10^8 \text{ km} = 1,49 \cdot 10^{11} \text{ m}$$
$$0,000\,000\,000\,0667 = 6,67 \cdot 10^{-11}$$

a) Arvutamine paberil

Selliste arvudega arvutamisel tuleb jälgida reegleid:

- liitmisel (lahutamisel) tuuakse järguliige sulgude ette ja liidetakse (lahutatakse) sulgudesse jäänud arvud
- korrutamisel korrutatakse 10 astme ees olevad arvud, järguliikmete astendajad liidetakse
- jagamisel jagatakse järguliikme ees olevad arvud, järguliikmete astendajad lahutatakse

Kui palju numbreid? Käsiraamatutes on taevakehi kirjeldavad arvud üsna pikad. Nii on astronoomilise ühiku aluseks olev Maa orbiidi keskmine raadius antud 9 numbrikohaga, samal ajal muutub see vahemikus 147 – 152 milj. km. Selge, et arvutustes pole mõtet üle kolme numbrikoha kaasa vedada. Aga siingi tuleb hoolikalt jälgida ülesannet: kui jutt on orbitaalkiiruse erinevusest orbiidi eri punktides (näiteks suvel ja talvel), võib liigne ümardamine vastuse väärtust oluliselt muuta.

b) Arvutamine kalkulaatoriga

Järguliikme sisestamiseks on tavaliselt klahv „EXP“. Sisestamisel tuleb meeles pidada, et arvu märgi muutmiseks tuleb märgivahetuse klahvi +/- vajutada enne EXP; pärast EXP vajutamist muudab see klahv järguliikme märki

Sisestatud arvu näitamisel käituvad arvutid erinevalt. Paremad neist võimaldavad näidu vormi ette määrata (kas järguliikmega või ilma, mitu numbrikohta näidatakse); kehvemad teisendavad kõik arvud sundkorras tavakujusse ja hakkavad järguliiget näitama alles siis, kui arv aknasse ära ei mahu.

Kalkulaatoriga arvutades tuleb jälgida, et arvuti on klahvivajutuse ära tundnud. Kasvatage harjumust enne tehteklahvile vajutamist võrrelda aknas olevat arvu sellega, mille olete sisestanud. Püüdke hinnata, kas vahetulemus on ootuspärane; kui tekib kahtlus, tehke kordusarvutus.

2. Mitte-kümnendsüsteemid.

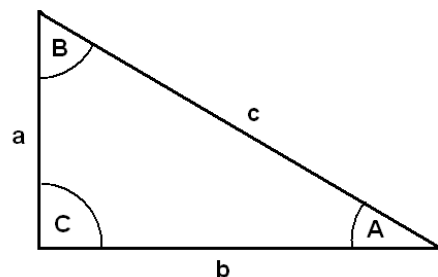
Aja- ja nurgamõõdud antakse tavaliselt mitte-kümnendarvuga (aastad, päevad, tunnid, minutid, sekundid). Viige nad enne arvutama asumist kümnendkujule. Kõige parem oleks minna kohe Rahvusvahelisse mõõdusüsteemi („SI“): nurk radiaanideks, aeg sekunditeks. Kui olete koolis harjunud nurka mõõtma kraadides, tehke neist kümnendarv – mitte  $4^{\circ}13'22''$ , vaid 4,22278 kraadi (soovitatakse kirjutada kujul  $4^{\circ},22278$ ). Sellisel kujul esitatud mõõtudega saate arvutada tavalise kümnendaritmeetika abil. Üleminek teisele ühikule (aja sekunditelt päevadele, kraadidelt radiaanidele või täispööretele) tähendab lihtsat ülekandearvuga korrutamist (1 päev =  $24 \times 60 \times 60 = 86400$  sekundit, 1 radiaan = 206265 kaaresekundit – jätke see arv meelde!!).

## Geomeetria.

### 1. Kolmnurgad

Kolmnurk on universaalne kujund; iga hulknurka võime jagada kolmnurkadeks. Kolmnurk on määratud tema külgede pikkustega: kolm sirglõiku määravad kolmnurga juhul, kui pikem lõikudest on väiksem ülejäänud kahe summast:  $c < a + b$ .

a) täisnurkne kolmnurk: üks kolmest sisenurgast on täisnurk ( $C = 90^\circ, \pi/2$  radiaani); selle nurga lähiskülgi ( $a$  ja  $b$ ) nimetatakse kaatetiteks, vastaskülge ( $c$ ) hüpotenuusiks.



Kehtib:

$$a^2 + b^2 = c^2. \text{ (Pythagorase teoreem)}$$

Lisaks on olemas nurgafunktsioonid siinus, koosinus ja tangens:

$$\frac{a}{c} = \sin A = \cos B; \quad \frac{b}{c} = \sin B = \cos A; \quad \frac{a}{b} = \tan A; \quad \frac{b}{a} = \tan B.$$

millede vahel kehtivad seosed:

$$\sin^2 A + \cos^2 A = 1; \quad \tan A \tan B = 1.$$

Nurgafunktsioonide väärtused tuleb leida tabelitest või kalkulaatorilt, vajutades vastavat klahvi; seejuures hoolega jälgida kalkulaatori seadistusi – milline on nurgaühik (kraad või radiaan) ja mis kujul on kraadimõõt antud (kraad kümnendmurruga või kraad-minut-sekund). Kalkulaatori abil saab arvutada ka siinuse, koosinuse ja tangensi pöördfunktsioone (nimetatakse arkusfunktsioonideks); nende leidmiseks kalkulaatoril tuleb eelnevalt vajutada klahvi „INV“ ja seejärel funktsiooni klahvi. Võimalikud on ka teised süsteemid – näiteks

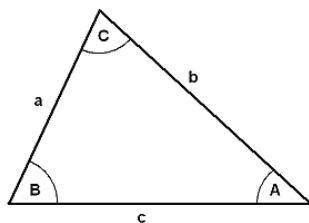
$$\sin^{-1} \left( \frac{a}{c} \right) = A; \quad a \sin \left( \frac{a}{c} \right) = A$$

Täisnurkses kolmnurgas peab olema antud üks külg ja selle lähisnurk  
kaks külge

NB! Eeldusel et me teame, kas tegu on hüpotenuusi või kaatetiga.

b) tasapinnaline tavakolmnurk on määratud kolme sõltumatu elemendiga: kolm külge, kaks külge ja nende vaheline nurk, külg ja selle kaks lähisnurka. Kolm nurka ei ole sõltumatud elemendid, kuivõrd nende summa (tasandil!) on alati  $180^\circ$ .

Tavakolmnurga lahendamiseks piisab, kui teame, et:



$$A + B + C = 180^\circ$$

$$\frac{\sin A}{a} = \frac{\sin B}{b} = \frac{\sin C}{c} \quad \text{(siinuslause)}$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos C \quad \text{(koosinuslause)}$$

c) sfääriline tavakolmnurk on kolmnurk, mis on joonistatud kera (näiteks gloobuse) pinnale. Tasub meeles pidada, et

- 1) Kolmnurga külgedeks ei ole mitte suvalised jooned, vaid suurringi kaared. See tähendab, et tippusid A ja B ühendav kaar on osa ringjoonest, mille keskpunkt langeb ühte sfääri keskpunktiga. Kui on tegu geograafiliste või taevakoordinaatidega, siis meridiaanid sobivad suurepäraselt, siis paralleelid ei sobi üldse, kuna nende keskpunktid asuvad küll maakera teljel, mitte aga selle tsentris. Erandiks on ekvaator.
- 2) Kolmnurga sisenurkade summa ei ole  $180$  kraadi. Ta on sellest alati suurem, mitte kunagi aga väiksem. Seega ei saa me kolmnurga lahendamisel leida selle kolmandat nurka kahe teadaoleva kaudu.

Et rakendada sfäärilise geomeetria valemeid, tuleb kaarte pikkused anda mitte joon-, vaid nurgamõõdus (kraadides või radiaanides). Et saada radiaane, piisab kaare pikkuse jagamisest

kera raadiusega. Kui soovime kasutada kraadimõõtu, peame radiaanid teisendame kraadideks valemiga

$$\text{nurk kraadides} = \text{nurk radiaanides} \times 180^\circ / \pi .$$

Kolmnurga lahendamiseks on vaja teada kaht külge ja nende vahelist nurka. Siis leiame kolmanda, kasutades nn. koosinuslauset

$$\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C.$$

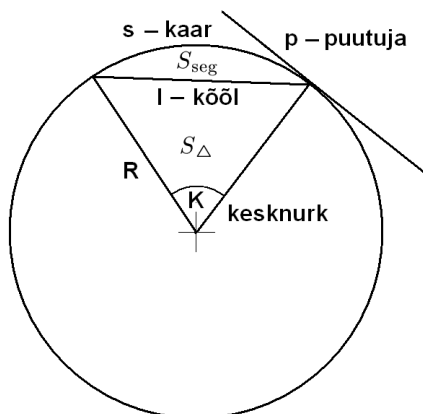
Kui kolmas külge teada, saab puuduvad nurgad siinuslausest

$$\frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin B}{\sin b} = \frac{\sin C}{\sin c}$$

Sfäärilist kolmnurka saab lahendada ka siis, kui on antud kolm külge, kolm nurka või üks külge ja selle lähisnurgad. Valemid on üsna kohmakad, neid võib vaadata Wikipediast. Arvan, et toodud kaks lihtsat valemit aitavad lahendada 90% ülesannetest. Kui selliseid ülesandeid üldse tuleb...

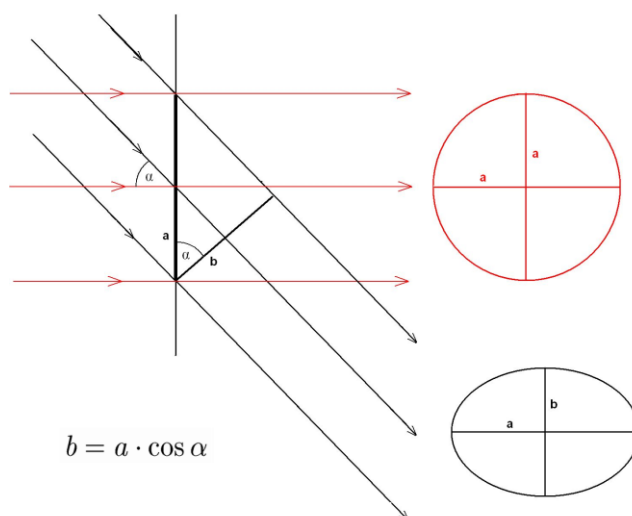
## 2. Ringjoon ja ellips

Lihtsad kõverad, aga vajalikud planeetide liikumise kirjeldamiseks. Minu soovitus: kui pole selget vihjet, kasutage ringorbiite ja tehke kiire lahendus. Mainige, et lähtusite ringorbiitidest. Ellipsitega saab arvutada siis, kui aega üle jääb. Anname mõned kasulikud valemid:

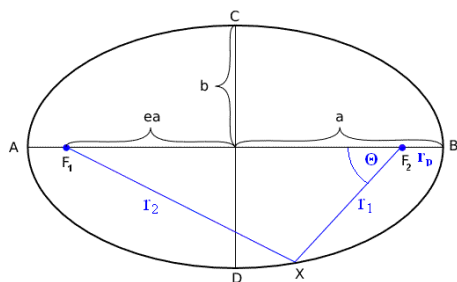


**Ringi pindala:**  $S = \pi R^2$   
**Ringjoone pikkus:**  $L = 2\pi R$   
**Kaare pikkus:**  $s = KR$  (nurk radiaanides)  
 $= \frac{\pi KR}{180^\circ}$  (nurk kraadides)  
**Kõõlu pikkus:**  $k = 2 \sin\left(\frac{K}{2}\right) = \sqrt{2 - 2 \cos K}$   
**Sektori pindala:**  $S_{\text{sek}} = 2\pi R \left(\frac{K}{2\pi}\right)$   
**Segmenti pindala:**  $S_{\text{seg}} = S_{\text{sek}} - S_{\Delta}$   
 $= 2\pi R \left(\frac{K}{2\pi}\right) - \frac{R^2 \sin K}{2}$

Ellips on lapikuks surutud ringjoon. Kui vaatame paberile, millele on joonistatud ringjoon, viltu (mitte risti paberiga!), näeme ellipsit. Kui ringil on diameeter, siis ellipsi diameetrid on erinevad: lühimast (nim. lühiteljeks) kuni pikemani (pikktelg). Raadiuse asemel räägitakse pooltelgedest, tavalised tähistused on a (pikk pooltelg) ja b (lühike pooltelg).



Astronoomias on ellips oluline kui planeetide ja kaaslaste orbiitide (liikumisteede) põhikuju. Kepleri seaduste kohaselt asub tõmbetsenter (näiteks Päike) orbiidiks oleva ellipsi fookuses.



Ellipsi sõnastik:

a – pikk pooltelg

b – lühike pooltelg

F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> – fookused

r<sub>p</sub> – peritsentri kaugus

r<sub>1</sub>, r<sub>2</sub> – kohavektor fookuse suhtes

Θ – polaarnurk („tõeline anomaalia“)

ea – lineaarne ekstsentrilisus

Seosed:

Lapikus:

$$g = \frac{a - b}{a}.$$

ekstsentrilisus:

$$e(= \epsilon) = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}} = \sqrt{g(2 - g)}.$$

kaugus tsentrist fookuseni

$$ae = \sqrt{a^2 - b^2}.$$

peritsentri kaugus

$$r_p = a - ae.$$

apotsentri kaugus

$$r_a = 2a - r_p = a + ae.$$

võrrand polaarkoordinaatides  $r(\Theta) = \frac{a(1 - e^2)}{1 - e \cos \Theta}.$

võrrand ristkoordinaatides  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1.$  (tsentri suhtes)

Pindala

$$S = \pi ab.$$

Ümbermõõt  $C = 2\pi a \left[ 1 - \left(\frac{1}{2}\right)^2 e^2 - \left(\frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4}\right)^2 \frac{e^4}{3} - \left(\frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{2 \cdot 4 \cdot 6}\right)^2 \frac{e^6}{5} - \dots \right]$

Ilus valem. Kui e = 0 (ringjoon), saame S = 2πR. Mida „ümmargusem“ on ellips, seda lühem rida. Kui võtame, nagu tavaliselt, π = 3,14 (viga 0,003), siis piisab e < 0,1 korral esimesest parandusliikmest (0,01/4 = 0,0025). Teisest liikmest piisab juhul, kui e < 0,5 jne.

### 3. Algebra.

#### Aste, juur, logaritm.

$$y = x^n$$

Aste    Alus    Astendaja

$$8 = 2^3$$

Pöördtehted:

Juur: aluse leidmine astme ja astendaja kaudu

$$x = \sqrt[n]{y} = y^{\frac{1}{n}} \quad 2 = \sqrt[3]{8} = 8^{\frac{1}{3}}$$

Logaritm: astendaja leidmine astme ja aluse kaudu

$$n = \log_x y \quad 3 = \log_2 8.$$

Astmefunktsiooni omadused

Sama aluse puhul astmete korrutamisel astendajad liidetakse

$$y = x^n; z = x^m \rightarrow yz = x^{n+m} \quad 8 \cdot 4 = 2^3 \cdot 2^2 = 2^{3+2} = 2^5 = 32.$$

Astme astendamisel astendajad korrutatakse

$$y = (x^n)^m = x^{n \cdot m} \quad (2^3)^2 = 2^{3 \cdot 2} = 2^6 = 64.$$

Siit tulenevad ka logaritmi omadused

$$\log_x(yz) = \log_x y + \log_x z; \quad \log_x(z^m) = m \log_x z.$$

...ja võimalus logaritmalust vahetada

$$\log_x z = \frac{\log_y z}{\log_y x}.$$

Kümnendlogaritm ja naturaalogaritm

on logaritmid, mille aluseks on vastavalt 10 ja  $e = 2,71828$

Kümnendlogaritmi on mugav kasutada kümnendarvudega rehkendamisel, kuna nende suurusjärku väljendava  $10^n$  logaritmik on järguliikme astendaja  $n$ . Naturaalogaritm kuulub pigem kõrgema matemaatika valdkonda, nagu ka astmealusel e põhinev astmefunktsioon  $e^x$ , mida nimetatakse eksponentfunktsiooniks. See viimane on hädavajalik nende protsesside kirjeldamisel, kus mingi suuruse muutumise kiirus on võrdelises sõltuvuses sellesama suuruse väärtusest. Et logaritmi aluse muutmine on lihtne, kasutataksegi põhiliselt neid kahte logaritmi.

## Vektorid

Vektor erineb tavalisest arvust (nimetatakse skalaariks) selle poolest, et lisaks suurusele on tal ka suund. Seda suunda saab esitada ristkoordinaatide abil: vektor jagatakse kolmeks komponendiks – ruumikoordinaadiks. Vektori tähiseks on nooleke teda märkiva algebraalse sümboli kohal; kolme koordinaati tähistatakse indeksitega  $x$ ,  $y$ , ja  $z$ . Kui tegu on kohavektoriga (väljendab objekti asukohta koordinaatide alguspunkti suhtes), märgitakse koordinaatideks lihtsalt  $x$ ,  $y$  ja  $z$ :

$$\vec{r}(x, y, z) \text{ – kohavektor; } \vec{v}(v_x, v_y, v_z) \text{ – kiirusevektor.}$$

Tehted vektoritega (arvutatakse alati koordinaatidega!)

moodul

$$r \equiv |\vec{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

liitmine-lahutamine

$$\vec{a} \pm \vec{b} = ((a_x \pm b_x), (a_y \pm b_y), (a_z \pm b_z))$$

nurgad telgedega

$$\angle(\vec{r}, \vec{x}) = \arccos\left(\frac{x}{|\vec{r}|}\right); \quad \angle(\vec{r}, \vec{y}) = \arccos\left(\frac{y}{|\vec{r}|}\right); \quad \angle(\vec{r}, \vec{z}) = \arccos\left(\frac{z}{|\vec{r}|}\right)$$

nurk vektorite vahel

$$\cos \alpha = \frac{x_1 x_2 + y_1 y_2 + z_1 z_2}{\sqrt{x_1^2 + y_1^2 + z_1^2} \sqrt{x_2^2 + y_2^2 + z_2^2}}$$

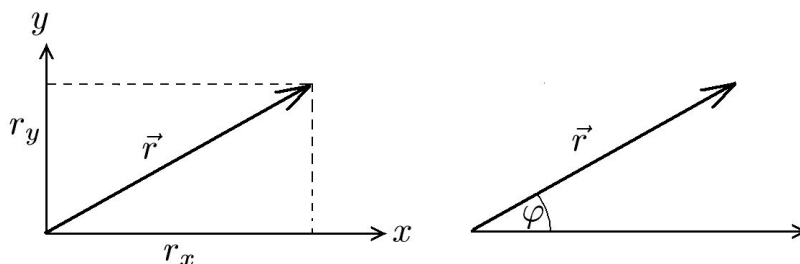
sfäärilistest koordinaatidest

$$x = R \cos \lambda \sin \varphi \quad y = R \sin \lambda \sin \varphi \quad z = R \cos \varphi$$

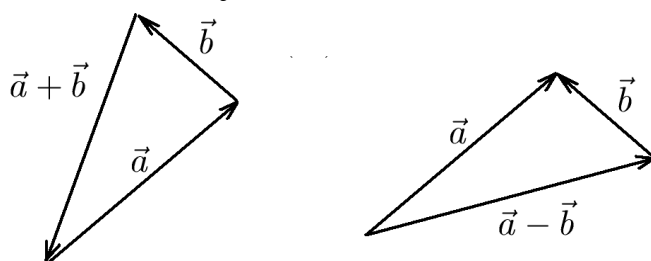
kahe-, nelja- ja enamkomponendilised vektorid

$$\vec{r} = (x, y); \quad \vec{r} = (x_1, x_2, x_3, x_4); \quad \vec{r} = (x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n)$$

vektori graafiline kujutamine (kahemõõtmeline juht)



vektorite graafiline liitmine ja lahutamine





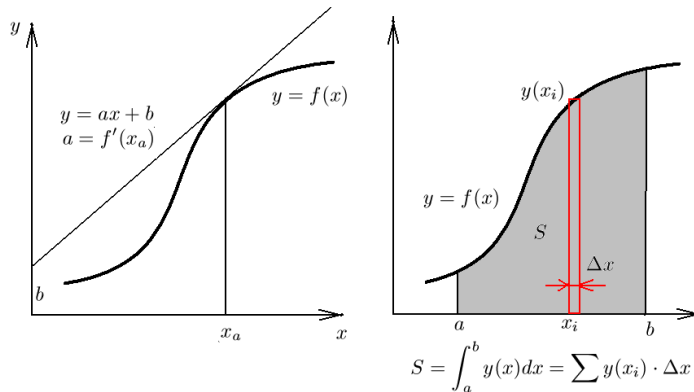
## Kõrgema matemaatika elemendid

Tuletis määrab kõverjoone puutuja:

Tuletis leitakse tabelitest

Integraal määrab kõverjoone alla jääva pindala

Integraal arvutatakse summana



Küsimusi on? Ei ole? Tubli!

## Füüsika elemendid astronoomias

### Mehaanika

Liikumisvõrrandid (ühtlaselt muutuv liikumine)

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2},$$

$$v = v_0 + at.$$

Newtoni II seadus: kiirendus on võrdeline jõuga

$$a = \frac{F}{m}$$

Raskusjõud:  $F = mg$ ;  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$  on raskuskiirendus;

Gravitatsioonijõud:  $F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$ ;  $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$  on gravitatsioonikonstant

$F_e = k \Delta l$   $\Delta l$  on pikkuse muutus,  $k$  elastsustegur (Hooke'i seadus)

Elastusjõud

Kesk tõmbejõud ringorbiidil  $F_{ts} = \frac{mv^2}{r}$

Töö sirgliikumisel  $A = F s \cos \alpha = F_x \Delta x + F_y \Delta y + F_z \Delta z$

Kineetiline energia kulgliikumisel:  $E_{k,k} = \frac{mv^2}{2}$

Kineetiline energia pöörlemisel  $E_{k,p} = \frac{I\omega^2}{2}$   $I = kr^2$  on inertsimoment,  $\omega$  nurkkiirus

Potentsiaalne energia raskusjõu väljas  $E_{p,r} = mgh$

gravitatsiooniväljas  $E_{p,g} = \gamma \frac{m_1 m_2}{r}$

elektriväljas  $E_{p,E} = qU$   $q$  – laeng,  $U$  – pinge; punktlaengu korral  $E_{p,E} = \frac{9 \cdot 10^9 q_1 q_2}{r^2}$

Energia jäävuse seadus  $A = \Delta E$ ; kui  $A = 0$ , siis  $E = \text{const}$

Impulss ehk liikumishulk  $p = mv$

Impulssmoment ehk pöörlemishulk  $L = I\omega$

Impulsi jäävuse seadus  $\Delta \vec{p} = \vec{F} \Delta t$ ; kui  $\vec{F} = 0$ , siis  $\vec{p} = \text{const}$

## Soojusõpetus

Ideaalse gaasi olekuvõrrand  $\frac{pV}{T} = \frac{m}{\mu}R$ ;  $R = 8,314$  on gaasi universaalkonstant

Molekuli ruutkeskmise kiirus  $v = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$

Rõhk atmosfääris  $p(h) = p(h=0)e^{-\frac{\mu gh}{RT}}$  kui  $T = \text{const}$

Gaasi paisumisel tehtav töö  $A = p\Delta V$  kui  $p = \text{const}$

$$A = \frac{m}{\mu}RT \ln \frac{V_2}{V_1} \quad \text{kui } T = \text{const}$$

Musta keha kogukiirgus (Stefani-Boltzmanni valem)  $R = \sigma T^4$   $\sigma = 5,68 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$

Musta keha kiirgusmaksimumi lainepikkus (Wieni valem)  $\lambda_{\text{max}}T = b = 0,002898\text{m} \cdot \text{K}$

Kiirguskvandi energia  $E = h\nu$   $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

## Relatiivsusteooria

Aja pikenemine  $\Delta t' = \Delta t \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

Pikkuse lühenemine  $l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

Kiiruste liitmine  $(u+v)_{\text{rel}} = \frac{(u+v)_{\text{kl}}}{1 + \frac{uv}{c^2}}$

Energia ja massi ekvivalentsus  $E = mc^2$

Relativistlik Doppleri efekt  $z = \sqrt{\frac{c+v}{c-v}} - 1$ ;  $v = \frac{(z+1)^2 - 1}{(z+1)^2 + 1} \cdot c$

## Optika

Valguse murdumisseadus  $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_{21} = \frac{v_1}{v_2}$

Sfäärilise läätse fookusekaugus  $\frac{1}{f} \approx (n-1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$

Sfäärilise peegli fookusekaugus  $F = \frac{R}{2}$

Valgustatuse valem  $E = \frac{I \cos \alpha}{r^2}$