MEHAANIKA: KINEMAATIKA

ARPHYMEDES

Joonis 8

Nicole Oresme (u. 1320–1325 ... 11. juuli 1382)

Filosoof, teadlane, tõlkija, Lisieux' piiskop ja kuningas Charles V nõunik

Nicole Oresme oli hiliskeskaja prantsuse filosoof, kes kirjutas hulgaliselt uurimusi majandusteaduse, matemaatika, füüsika, taheteaduse ja usuteaduse vallas. Oresme oli tõlkija, Lisieux' piiskop ja Prantsuse kuninga Charles V nõunik, aga ka 14. sajandi Euroopa üks kõige originaalsemaid mõtlejaid. Tema teosest „Füüsika" saame aimu, et Oresmel oli oma ettekujutus, kuidas asjad liiguvad. Samuti ei nõustunud ta paljude tuntud mõtlejate, näiteks Aristotelese ja Ibn Rushdi (Averroesi) väidetega liikumise kohta. Oresme uskus, et kehad ei liigu iseenesest, vaid et miski paneb need liikuma. Tema selline mõtlemisviis oli üsna omapärane.

René Descartes (1596–1650)

Oli esimene, kes tutvustas kaasaegseid vaateid sellele, kuidas asjad liiguvad ja miks nad seda teevad.

René Descartes'i peetakse üheks tähtsamaks isikuks nii filosoofias kui füüsikas. Seda, kui palju ta panustas füüsikasse, ei suudetud kaua aega isegi mõista. Descartes oli esimene, kes tuli välja kaasaegsete vaadetega selle kohta, kuidas asjad liiguvad ja miks nad seda teevad. Ta sõnastas ka tol ajal väga populaarse teooria planeetide liikumisest. Descartes armastas hommikuti kaua magada. Oma mugavast kombest pidi ta aga loobuma, kui Rootsi kuninganna ta endale õppetunde andma kutsus. Kuninganna nõudis, et tunnid algaksid juba kell 5 hommikul, mistõttu Descartes pidi tõusma väga vara, et talvekülmas paleesse jalutada. Õnnetuseks jäi ta aga kopsupõletikku ja suri.

Joonis 9

Joonis 10

André-Marie Ampère (1775–1836)

Ilma ametliku hariduseta, kuid piisavalt tark, et saada kuulsate teadusasutuste liikmeks.

André-Marie Ampère oli prantsuse füüsik ja matemaatik, klassikalise elektromagnetismi, mis tegeleb elektri ja magnetismi koostoimimisega, üks rajajaid. Oma laialdaste teadmistega aitas ta kaasa erinevate leiutiste loomisele, nende hulgas traatpool (mida ta nimetas solenoidiks) ja elektriline telegraaf. Kuigi ta oli hariduse omandanud iseõppijana, sai Ampère'ist Prantsuse Teaduste Akadeemia liige ja õppejõud kuulsates Prantsuse õppeasutustes *École polytechnique* ja *Collège de France*. Kreekakeelsetest sõnadest *κίνημα* (*kinema* „liikumine") ja *κινε ν* (*kinein* „liikuma") tuletas ta sõna kinemaatika, mis tähendab liikumist.

Siit leheküljelt leiad ülesandeid koolis või kodus iseseisvaks katsetamiseks. Lisaülesandeid võid leida ka kodulehelt.

Ülesanded katsetamiseks:

1. Püüa leida viis, kuidas mõõta oma reaktsioonikiirust.

2. Kirjelda mõne inimese päevaplaani. Küsi vajalikku infot, et panna päeva lõikes paika, mis ajal ja mis kiirusega ning kui pika aja jooksul ja milliseid vahemaid ta läbis.

3. Leia telefonist nutirakendus, mis loeb teatud aja jooksul tehtud samme, läbitud vahemaad, isegi kulutatud kaloreid ja päeva keskmist liikumiskiirust. Kasuta rakendust ühe päeva jooksul ja vasta siis järgmistele küsimustele:
   - Mitu sammu tegid päeva jooksul?
   - Püüa välja selgitada, kuidas mõõta iga sammu keskmist pikkust.
   - Kui kaugele sa päeva jooksul kõndisid?
   - Millise vahemaa läbisid hommikul kella 7.30 ja 9 vahel?
   - Milline oli sinu keskmine kiirus terve päeva jooksul?
   - Koosta teepikkuse-aja graafik vabalt valitud ajavahemiku kohta.
   - Valmista rakenduse andmete põhjal ette ülesanne ja palu see klassikaaslastel lahendada.

Tehniline rakendamine

1. Doppleri efekt, selle selgitus ja teaduses rakendamine.

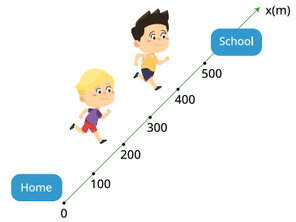
Mehaanika on teadus kehade liikumisest.

Joonis 11

Joonis 14

Joonis 12

Joonis 13



Joonis 16

Joonis 15

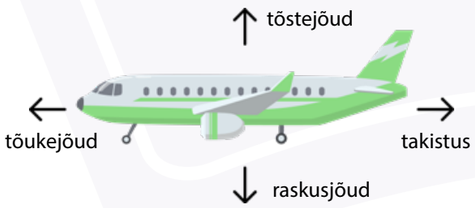
Liikuvaid kehasid vaadeldes tekib meil kaks peamist küsimust:

Kuidas? – Kinemaatika kirjeldab kehade liikumist sõnade, diagrammide, arvude, graafikute ja valemite abil.

Joonis 18-19

Liikumise kirjeldamine polegi nii lihtne. Alustame staatikast. **Vaata 1. ülesannet.**

Miks? – Dünaamika tegeleb jõudude ja nende mõjudega liikumisele.



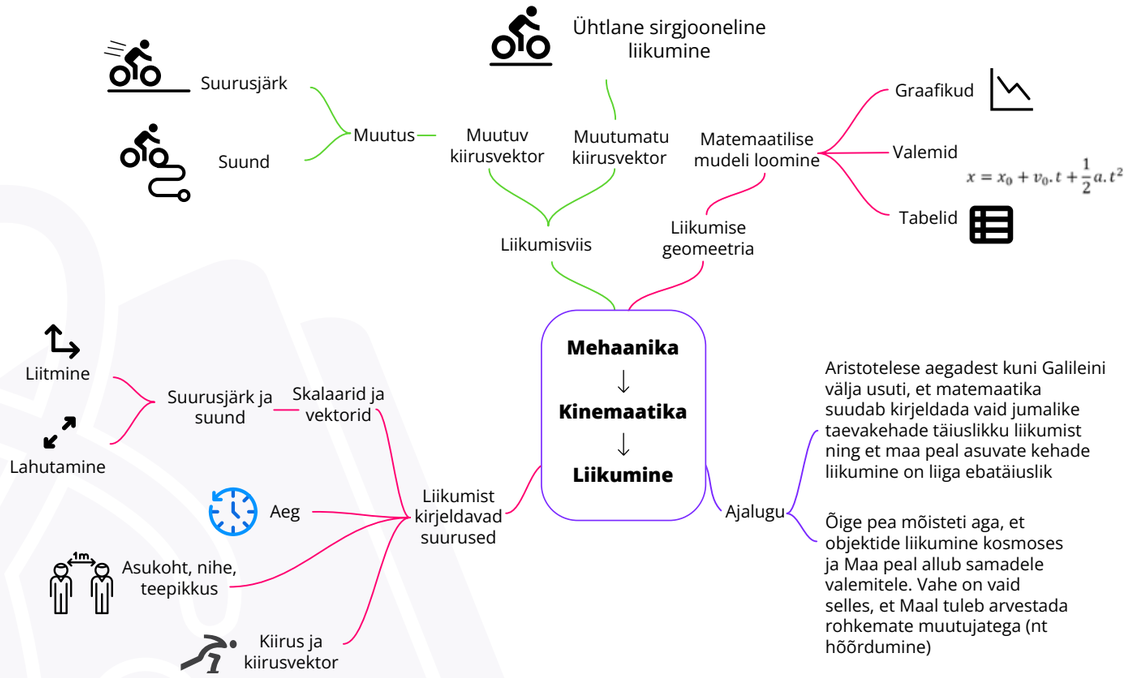
1 Ülesanne. Anna sõbrale paberileht. Vaid sinu paberil on klassiruumi joonis. Kirjelda sõbrale klassikaaslaste istekohti ja palu tal need oma paberile märkida. Seejärel korda sama ruudulisel paberil ja anna klassikaaslaste istekohtade kohta juhiseid ruutude abil (sõnadega paremale, vasakule, üles ja alla), alustades lugemist alumisest vasakust nurgast.

Joonis 17

Mõistekaart näitab paljusid liikumisega seotud asju (mõisteid). Läheneme sellele sammhaaval ja tuleme iga kord pärast uue info saamist mõistekaardi juurde tagasi.

Meie eesmärk on kirjeldada liikumist.
Kuidas me selle ära tunneme? Mida see tähendab, et keha liigub?
Millised füüsikalised suurused on liikumise kirjeldamisel olulised?
Kuidas saame liikumist kirjeldada?
Kuidas saame kirjeldamist lihtsustada?
Milliseid liikumise viise me teame?

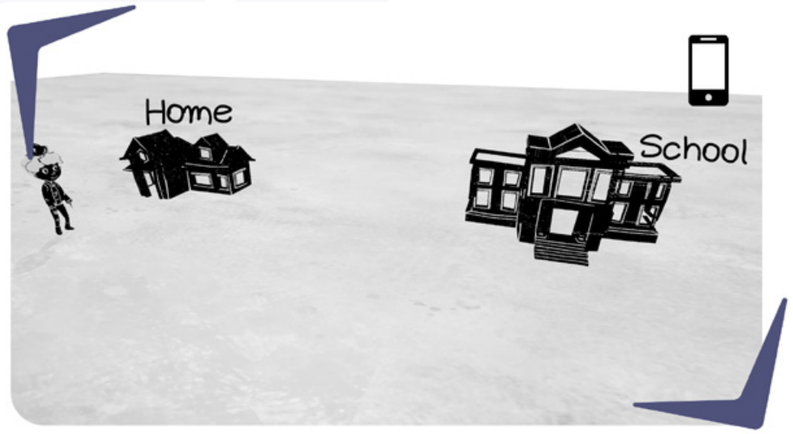
Keha liikumise õigeks uurimiseks on vaja veel ühtteist teada.
Liikumist kirjeldatakse matemaatiliselt selliste mõistete abil nagu nihe, teepikkus, kiirusvektor, kiirendus, kiirus ja aeg.
Keha liikumist vaadeldakse nii, et vaatlejale omistatakse taustsüsteem ja keha asukoha muutust ajas mõõdetakse selle taustsüsteemi suhtes. Just sel põhjusel oli sul esimeses ülesandes abi ruudulisest paberist, tingimusel, et te sõbraga alustasite mõlemad asukoha kindlaksmääramist samast alguspunktist. Paremale, vasakule, üles ja alla olid ainsad juhised, mida vajasite.



Asukoht, nihe, teepikkus

Arphy läks kodust kooli. Vaata animatsiooni.
Kui kirjeldame, mida näeme, saame öelda vaid seda, et Arphy läks kodust kooli.
Et rohkem teada saada, on vaja rohkem infot. Tekib sul siinkohal mingeid mõtteid?

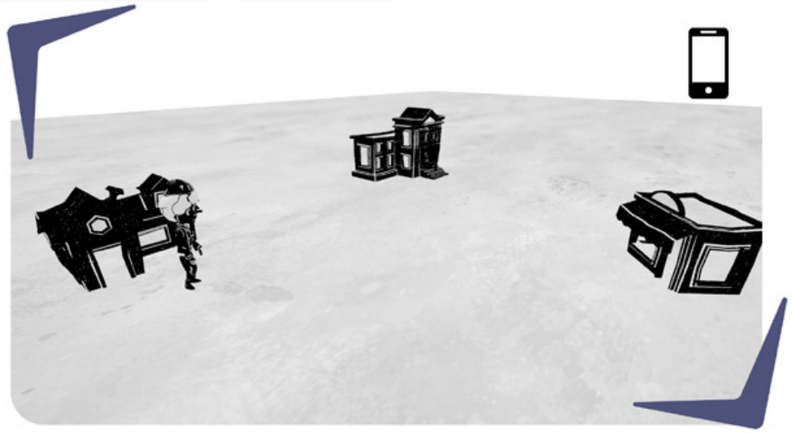
Kirjuta siia oma märkmed, küsimused, tähelepanekud.



Lisame animatsiooni veel teisegi infokillu.
Nüüd näeme Arphy **asukohta**. Siin on ta asukoht 100 m, siin 200 m, 300 m, 400 m, 500 m, ja kui ta asukoht on 600 m, siis on ta kooli jõudnud.
Need 600 m on tema koolitee pikkus. **Seda nimetatakse teepikkuseks.**

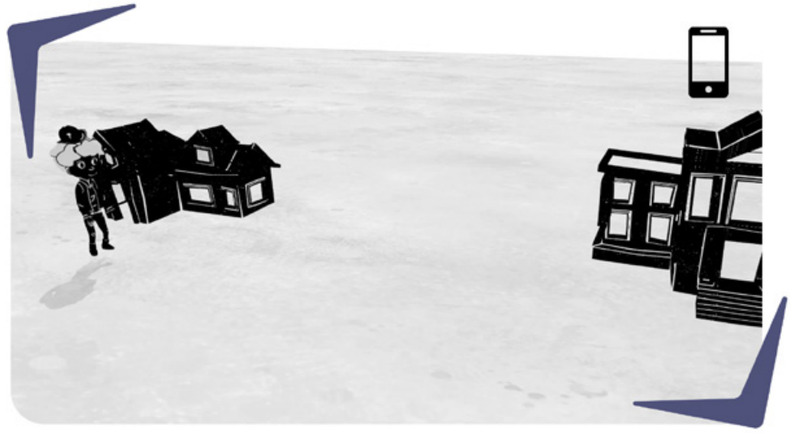
Kas sinu koolitee kulgeb sirgjooneliselt? Enamasti me sirgjooneliselt ei liigu, nagu ei liikunud ka Arphy meie näites. Poe juures tegi ta peatuse. Vaata animatsiooni, mis aitab selgitada sellist mõistet nagu **nihe**.

Seekord kõndis Arphy pikemalt ja seega muutus teepikkus (390 m + 455 m = 845 m). Kuid arvestades, et lühim tee kodu ja kooli vahel jäi samaks — 600 m — siis on meil tegu **nihkega**. (Arphy teekond algas kodus ja lõppes koolis.)



Arphy oli kooli minnes mõtlik ja nii see läks. Vaata animatsiooni.

Arphy kõndis terve tee kooli, pööras siis ümber ja kõndis tagasi koju. Päris kindlasti oli terve tee(pikkus) kodust kooli ja sealt tagasi koju. Pole tähtis, mis suunas liikuda, teepikkus suureneb ikka. **Nihe** tähendab aga, et võid kogu teepikkuse kokku liita, aga arvesse tuleb võtta suunda. Tee kooli on üks suund (+) ja tee tagasi on teine (-). Arphy alustas kodust ja jõudis tagasi koju, st samasse **asukohta**. **Nihe, mis on lõpp- ja alguspunkti vaheline teepikkus, oli null**.
Nihke ja teepikkuse mõõtmiseks kasutatakse sama SI-süsteemi pikkusühikut, milleks on meeter.



Siin on meil juttu olnud sellistest mõistetest nagu asukoht, nihe ja teepikkus, kuid Arphy oleks võinud ka terve päeva kooli kõndida. Seega lisame oma kirjeldusse aja. Teadmine, kus ja millal ta oli, annab meile rohkem infot. Vaata animatsiooni. Kui meil on teada kulunud.

Kiirus (v) on suurus, mis näitab, kui palju muutub liikuva keha asukoht mingi aja jooksul.

Mida teame Arphy liikumisest nüüd? Arphy läks kodust kooli. Ta liikus konstantse kiirusega 1 m/s. Seda olukorda on näha ka joonisel.

$$v = \frac{100\text{m} - 0\text{m}}{t_{100\text{m}} - t_{0\text{m}}} = \frac{100\text{m}}{100\text{s} - 0\text{s}} = \frac{100\text{m}}{100\text{s}} = 1\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

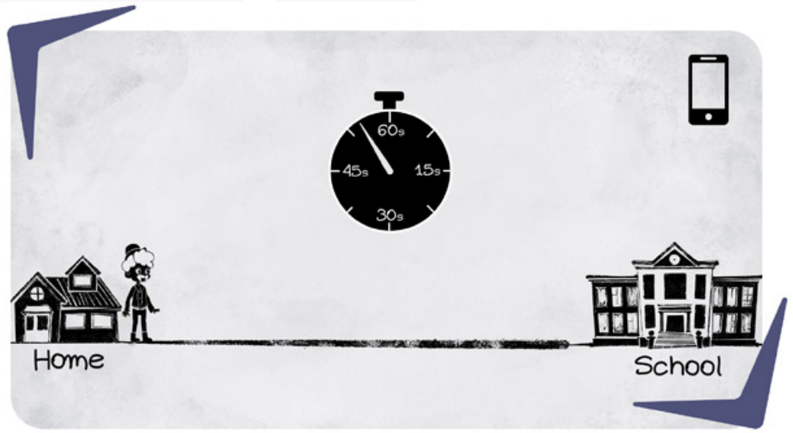
$$v = \frac{200\text{m} - 100\text{m}}{t_{200\text{m}} - t_{100\text{m}}} = \frac{100\text{m}}{200\text{s} - 100\text{s}} = \frac{100\text{m}}{100\text{s}} = 1\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v = \frac{300\text{m} - 200\text{m}}{t_{300\text{m}} - t_{200\text{m}}} = \frac{100\text{m}}{300\text{s} - 200\text{s}} = \frac{100\text{m}}{100\text{s}} = 1\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v = \frac{400\text{m} - 300\text{m}}{t_{400\text{m}} - t_{300\text{m}}} = \frac{100\text{m}}{400\text{s} - 300\text{s}} = \frac{100\text{m}}{100\text{s}} = 1\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v = \frac{500\text{m} - 400\text{m}}{t_{500\text{m}} - t_{400\text{m}}} = \frac{100\text{m}}{500\text{s} - 400\text{s}} = \frac{100\text{m}}{100\text{s}} = 1\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v = \frac{600\text{m} - 500\text{m}}{t_{600\text{m}} - t_{500\text{m}}} = \frac{100\text{m}}{600\text{s} - 500\text{s}} = \frac{100\text{m}}{100\text{s}} = 1\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$



Võtame eelmistel lehekülgedel esitatu lühidalt kokku. Arvutasime välja teepikkuse, mis on algse asukoha ja lõpliku asukoha vaheline vahe, ja ajakulu, mis on mingi valitud ajavahemiku lõpp- ja algusaja vahe. (Siin on tähtis meeles pidada, et vahet arvestatakse alati lõpust alguseni. Sellest võib teinekord abi olla. Näiteks, kui lähed juuksurisse, siis su sõbrad võrdlevad lõpptulemust sellega, milline sa alguses välja nägid, mitte vastupidi.)

Arphy liikus konstantse kiirusega, seega oli tulemuseks alati 1 m/s.

Kuid päriselus liigume me harva muutumatu kiirusega. Seega, kui kirjeldame keha liikumise kiirust, siis kirjeldame tihtipeale hoopis keskmist liikumiskiirust kindla aja jooksul. Keskmine kiirus on kogu läbitud teepikkus jagatud ajaga, mille jooksul liikumine aset leiab.

$$v_{keskmine} = \frac{\text{kogu läbitud teepikkus}}{\text{kogu teeloldud aeg}}$$

Kuna Arphy liikus konstantse kiirusega, siis jäi keskmine kiirus samaks.

$$v = \frac{600\text{m} - 0\text{m}}{t_{600\text{m}} - t_{0\text{m}}} = \frac{600\text{m}}{600\text{s} - 0\text{s}} = \frac{600\text{m}}{600\text{s}} = 1\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Kiirusvektor – kiirus, millel on suund. Kiirusvektor kirjeldab keha kiirust koos suunaga. Kui keegi tahaks Arphy'le järele jõuda, siis ei piisa, kui ütleme, et ta lahkus kodust kiirusel 1 m/s. Peame ütlema ka, et ta läks otsejoones kooli. Nagu kiiruselgi, on kiirusvektori SI-süsteemi mõõtühikuks meeter sekundis (m/s), kuid kuna tegu on vektoriga, siis on sellel alati ka suund. (Kiirusvektori tähisena kirjutatakse v rasvases kirjas, et eristada seda kiiruse tähisest, mis on samuti v.) Meie näidetes siin toimub liikumine sirgjooneliselt, mis tähendab, et peame vaid leidma positiivse suuna ja seejärel liitma või lahutama kiirused.

Kiirendus on mistahes muutus kiirusvektoris. Kuidas saab kiirusvektor muutuda? See saab kas suureneda või väheneda, samuti saab muutuda selle suund. Kiirendus on kiirusvektori suuruse või suuna või ka mõlema muutumine.
Arphy jäi eelmisel õhtul pikemalt arvutimänge mängima ning ei ärganud õigel ajal üles. Isa tõi ta autoga kooli, kuid viimased 100 meetrit pidi Arphy ise läbima. Et õigeks ajaks kohale jõuda, asus ta jooksma muutumatu kiirendusega 0,1 m/s2. Vaata animatsiooni .

Ütleme näiteks, et soovid sõita kodust 150 km kaugusel elavatele vanavanematele külla ja selleks kulub 3 tundi. Su keskmine kiirus oleks:

$$v_{keskmine} = \frac{150\text{km}}{3\text{ hour}} = 50\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = 13{,}8\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Keskmine kiirus tähendab, et kui meil oleks võimalik sõita kogu aeg samal kiirusel, st 50 km/h, siis läbiksime selle vahemaa 3 tunniga. Kuid me teame, et auto kiirus tõenäoliselt suureneb ja väheneb korduvalt selle kolmetunnise sõidu jooksul. Kord peatume foori taga, teinekord jälle ületame kiirust. Kui politseinikud arvutaksid meie auto kiirust samal viisil, ei saaks nad kiiruseületamist tõestada. Seega peavad politseinikud arvutama kiirust konkreetsel ajahetkel – ehk hetkkiirust. Seda, mida näeme auto spidomeetril. Tegelikult ei saagi seda päris täpselt mõõta, kuid saame mõõta väga lühikese aja jooksul läbitud vahemaad, nii et vaadeldava keha kiirus ei muutu selle aja jooksul kuigi palju (eelistatavalt üldse mitte).

Nüüd on näha, et Arphy liikumise kiirus suureneb. Lõpuks on ta kiirus 4,5 m/s. Et seda paremini ette kujutada, teisendame ühikud km/h.

$$4{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{4{,}5.10^{-3}\text{ km}}{\frac{1}{3600}\text{ h}} = 4{,}5.3{,}6\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = 16\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$$

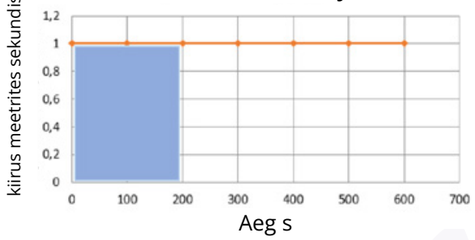
Maratoni, s.o 42,195 km läbimine võtab tublimatel jooksjatel aega umbes 2 tundi. See tähendab, et nende keskmiseks kiiruseks on umbes 20 km/h. Arphy keskmine kiirus oli

$$v = \frac{600\text{m}-500\text{m}}{44{,}7\text{s}-0\text{s}} = 2{,}24\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{2{,}24.10^{-3}\text{ km}}{\frac{1}{3600}\text{ h}} = 2{,}24.3{,}6\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = 8\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$$

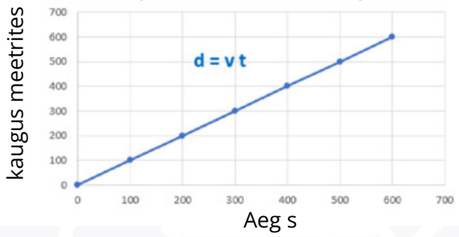
Seega oli Arphy suurim kiirus 16 km/h. Viimasest kahest animatsioonist saame selle kohta veelgi rohkem teada.

Heidame pilgu animatsioonis toodud graafikutele.

Kiiruse sõltuvus ajast



Teepikkuse sõltuvus ajast

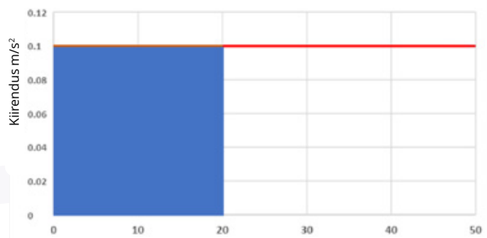


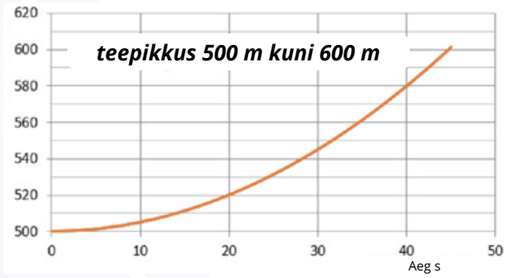
Siin on kaks graafikut: kiiruse sõltuvus ajast ning teepikkuse sõltuvus ajast. Kiirus on muutumatu ja kui tahame teada kindlas ajavahemikus läbitud teepikkust, siis saame selle leida, kui arvutame kiiruse kõvera aluse pindala. Võttes ajavahemikuks 200 sekundit, on pindala

$$A = \text{sinise ristküliku pindala} = 1\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\ \text{(kiirus) 200s (aeg)} = 200\text{m}$$

Kui vaatame teepikkuse-aja graafikut, siis 200 s juures näitab y-teljel teepikkuseks 200 m.
Muutumatul kiirusel läbitud teepikkuse arvutamiseks kasutame valemit d = vt.

Muutumatu kiirendus





Siin on kolm graafikut — kiirenduse sõltuvus ajast, kiiruse sõltuvus ajast ja teepikkuse sõltuvus ajast. Kiirendus on muutumatu ja kui tahame leida kiirust mingil konkreetsel ajahetkel, siis saame seda arvutada kiirenduse-aja graafiku kõvera aluse pindala kaudu. Võttes ajaks 20 sekundit, saame pindalaks

$$A = \text{sinise ristküliku pindala} = 0{,}1\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\ \text{(kiirendus) 20s (aeg)} = 200\text{m}$$

Muutumatu kiirenduse puhul on kiiruse arvutamise valem $v = at$.
Kui tahame teada teepikkust, siis peame arvutama kiiruse-aja graafiku kõvera aluse pindala kaudu, nagu tegime seda eelmises arvutuses.

$$A = \text{rohelise kolmnurga pindala} = \frac{2\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\ \text{(kiirus)20s(aeg)}}{2} = 200\text{m}$$

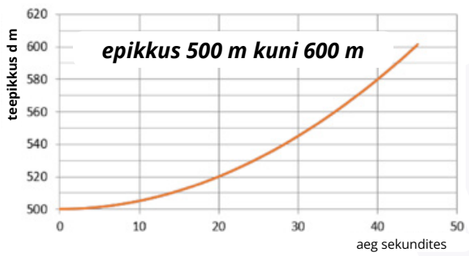
Nüüd näemegi, et sellest hetkest, kui Arphy hakkab jooksma, st 500 meetri peal, läbib ta 20 sekundi jooksul 20 meetrit. Kuidas seda valemiga väljendada?

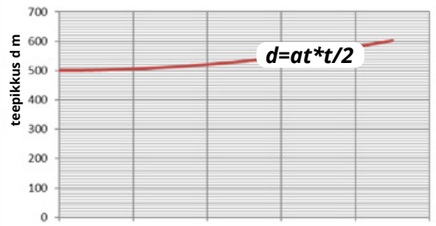
$$d = \frac{\text{kiirus aeg}}{2} = \frac{vt}{2} = \frac{v(v=at,\ \text{nagu juba tuletasime})t}{2} = \frac{at\,t}{2}$$

Seega on teepikkuse arvutamise valem muutumatu kiiruse juures $d = \frac{at\,t}{2}$

Graafikutega seoses on aga veel üks asi. Teepikkuse-aja graafikul määrasime alguspunktiks mitte 0, vaid 500 m, kui Arphy kooli jooksma hakkas.

Vaata graafikuid ja saad aru, miks.





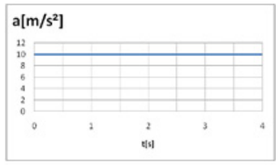
Esimesest graafikust jätsime välja esimesed 500 meetrit, kui Arphy liikus autoga. See meid ei huvitanud. Tahtsime teada viimase 100 meetri kohta, kui ta jooksis muutumatu kiirendusega, sest nii on graafikut lihtsam lugeda. Aga kui keegi küsiks terve teepikkuse kohta kodust kooli, peame kokku liitma autoga läbitud teepikkuse ja joostes läbitud teepikkuse.

Nagu näed, on graafikute lugemine tähtis ja kasulik. Allpool leiad veelgi näiteid, et seda paremini mõista, aga kõigepealt on siin sulle mõned kasulikud näpunäited, kuidas füüsikaülesandeid lahendada.

Ülesannete lahendamine on omaette kunst ja lahenduste leidmiseks ei ole lihtsat retsepti. Kõigist peatükkidest võid aga leida mõned tüüpilised probleemilahenduse näited.

1. Visanda joonis ülesandes kirjeldatud olukorra kohta ja märgi üles kõik vajalikud suurused. Ülesande info võib olla esitatud ka graafiku või tabeli kujul, nii et püüa ette kujutada selle taustalugu.
2. Seejärel püüa visualiseerida asjade käiku, justkui vaataksid filmi või kujutleksid end seda teistele „jutuna“ esitamas. Ei tasu püüda kohe vastuseni jõuda mõtlemata, mis toimub ja millised füüsikaseadused asjade käiku juhivad. Lugude jutustamine on teaduse omandamisel hästi oluline.
3. Pane kõik etteantud (teadaolevad) ja tundmatud muutujad kirja.
4. Vali valem, mis sisaldab su muutujaid.
5. Avalda valemis muutuja.
6. Kui asendad arvulisi suurusi, siis lisa ka nende suuruste ühikud. Valemis kasutatud ühikud peavad kombineeruma ja taanduma nii, et vastuses oleksid ühikud õiged. Kui ühikud ei kombineeru ega taandu nii nagu need peaksid, siis on su arvutuses midagi valesti.
7. Kui saad arvutused tehtud, kontrolli alati, kas vastus on usutav. Näiteks, kui saad juhtumisi vastuseks, et kaljult vette sukelduja kiirus veepiirini jõudmise hetkel on 3000 km/h, siis on keegi kusagil vea teinud!

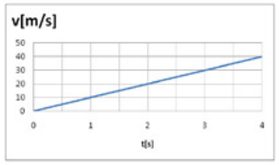
Alltoodud mõistekaart aitab sul sirgjoonelist liikumist visuaalselt lihtsamini ette kujutada nii valemite kui graafikute abil.



a on muutumatu, siin $10\,\frac{m}{s^2}$

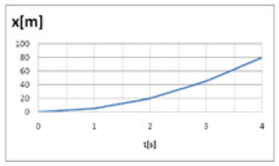
kiirus = kiirenduse-aja kõvera alune pindala

= in 4 sekundiga $= 10\,\frac{m}{s^2}\,(a)\ 4s\ (t) = 40\,\frac{m}{s}$

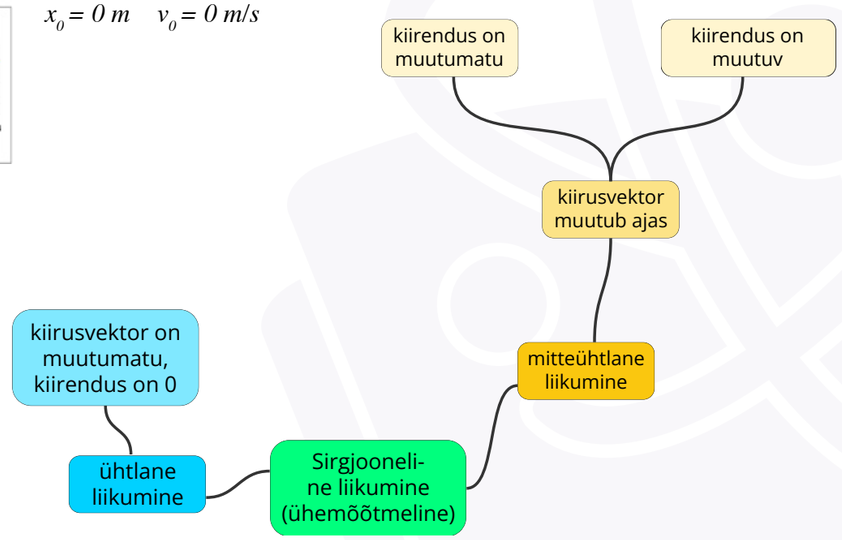


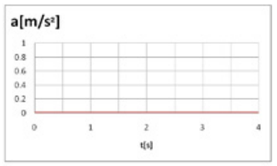
teepikkus = kiiruse-aja kõvera alune pindala =

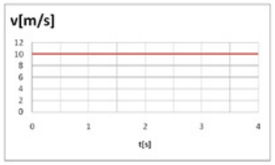
4 sekundiga $= \frac{1}{2}\,40\,\frac{m}{s^2}\,(v)\ 4s\ (t) = 80$ m

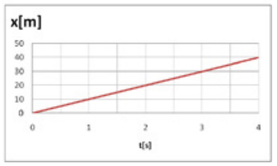


$x_0 = 0\ m \quad v_0 = 0\ m/s$









PINDALA=pikkus x laius

Δt=(1s-0s) *v=10m/s*

1s x 10m/s=10m

Δt=(4s-0s)

lõppaeg *algusaeg*

Δx= v x Δt

PINDALA LAIUS PIKKUS

x=10m/s x 4s=40m

TEEPIKKUS =KIIRUSE KÕVERA ALUNE PINDALA

Δ - cmuutuja muutub, kui algu-spunkt on 0, siis Δx → 0

Graafiku osad.

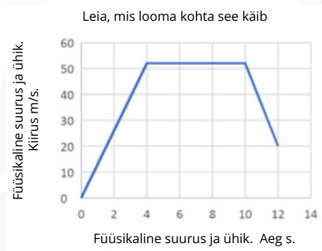
Graafikuid kasutatakse kõigis teadusvaldkondades, aga ka igapäevaelus. Selleks tuleb teada, kuidas graafikuid koostada. Kasutame graafikuid, kus kaks koordinaattelge jooksevad üksteise suhtes õige nurga all. Horisontaalset telge nimetatakse x-teljeks (abstsissteljeks) ja vertikaalset y-teljeks (ordinaatteljeks). Teljed lõikuvad nullpunktis. Graafikutel võib näidata punkte, sirgeid ja kõveraid. Graafikul esitatud andmetest arusaamiseks on sellele vaja lisada pealkiri, ja mis veelgi tähtsam — mõlemale teljele tuleb märkida füüsikalise muutuja nimetus, ühik ja skaala. Mistahes asukoha, teepikkuse või kiiruse mõõtmine toimub mingi taustsüsteemi suhtes. Kõigi graafiku osade tähtsust selgitame eraldi järgnevates näidetes.

Näide:

Teatmeteosest võetud loomade kiirused:

Gepard: 120 km/h – 33,3 m/s; Jahipistrik: 187 km/h – 52 m/s; Kaljukotkas: 270 km/h – 75 m/s; Vööttigu: 0,05 km/h – 0,014 m/s; Kolmvarvaslaisik: 0,27 km/h – 0,075 m/s; Tüseloori: 1,9 km/h – 0,53 m/s; Mürkvaraan: 2,7 km/h – 0,75 m/s; Siga 18 km/h – 5 m/s.

Alltoodud graafikutest ei leia loomade nimesid, aga siin on märgitud loomade kiiruse muutumine ajas.



Lahenda järgmised ülesanded, aga ära muuda nende järjekorda:

1.Milline graafik käib kiirema liikumisega looma kohta? Selgita.

2.Leia graafikule pealkiri, mis vastaks looma kiirusele. Kasuta selleks näite alguses toodud andmeid.

3. Ära unusta ühikuid jälgida.

Kui tahame võrrelda kahe keha kiirust, mõõtmeid või mistahes muud suurust, siis tuleb tähelepanu pöörata ühikutele. Kordame üle, kuidas kiiruseühikute teisendamine käis:

$$\frac{km}{h} = \frac{1000(10^3)m}{3600s} = \frac{1m}{3{,}6s} = 0{,}27\,\frac{m}{s} = 0{,}27\,\frac{100m}{s} = \frac{27cm}{s}$$

Näide:
Auto liigub sirgel horisontaalsel teel muutumatu kiirusega v0 = 72 km/h. Autojuht näeb 132 m kaugusel takistust, teele kukkunud puud, ja asub pidurdama. Tema reaktsiooniaeg kuni takistuseni oli t0 = 1,5 s sellest hetkest, kui pidurid tööle hakkasid. Seejärel vähendas auto kiirust 4 m/s iga 2 sekundi jooksul.
a) Joonista joonestuspaberile graafik, kuidas auto sõltus kiirusest alates hetkest, kui juht takistust nägi.
b) Tuleta graafiku abil aeg t1, mille jooksul juht peatas auto alates takistuse nägemise hetkest.
c) Tuleta graafiku abil teepikkus d1, mille auto läbib ajaga t1. Kas auto peatub enne takistust või sõidab sellele otsa?

Edasi muudame mõned tegurid.
d) Kui juht oleks olnud tähelepanematu ja tema reaktsiooniaeg oleks pikenenud t0 = 2,5 sekundini, siis kas ta oleks suutnud takistuse ees peatuda samade pidurdustingimuste juures? Joonista selle kohta käiv graafik. Võid selleks kasutada eelmist graafikut ja muuta seal värve või koostada hoopis uus graafik.

Lahenduskäik:
a)

b) Auto peatamiseks vajalik aeg on 11,5 sekundit
c) Teepikkust (vahemaad) saab arvutada kiiruse ja aja graafiku kõvera aluse pindala kaudu.

$$\text{Pindala} = \text{ristküliku pindala + kolmnurga pindala} = 1{,}5\text{s}\ 20\frac{\text{m}}{\text{s}} + \frac{(11{,}5\text{s} - 1{,}5\text{s})20\frac{\text{m}}{\text{s}}}{2} = 30+100 = 130\text{m}$$

Kuna teepikkus langenud puuni oli 132 meetrit, siis auto peatub enne sellele otsasõitmist.

d) Lahendus

Siinsel juhul peatub auto 12,5 sekundil. Teepikkus, mida saab arvutada kiiruse-aja graafiku kõvera aluse pindala kaudu, on seega:

$$\text{Pindala} = \text{ristküliku pindala + kolmnurga pindala} = 2{,}5\text{s}\ 20\frac{\text{m}}{\text{s}} + \frac{(12{,}5\text{s} - 2{,}5\text{s})\frac{20\ \text{m}}{\text{s}}}{2} = 50+100 = 150\text{m}$$

Kui reaktsiooniaeg oleks 1 s võrra pikem (nt juht võtab kätte mobiiltelefoni vmt), siis sõidaks auto puule otsa.

e) Rikkis pidurid või libedad teeolud muudaksid seda olukorda samuti. Reaktsiooniaeg oleks siis 1,5 s. Auto kiiruse vähenemine pidurdamise ajal oleks väiksem, nt 2,5 m/s iga 2 s kohta. Koosta selle kohta graafik kas algsetele koordinaatidele või tee täiesti uus graafik.
f) Mida oleks autojuhtidel siin õppida sõiduki tehnilise korrashoiu ning teeolude kohta?

Selle näitega seoses veel üks oluline tähelepanek.
Kõikidel juhtudel auto kiirus vähenes. Väljendame seda sõnaliselt:

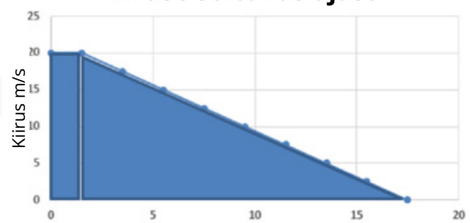
Seejärel vähendab auto kiirust 4 m/s iga 2 sekundi kohta.
Auto aeglustumine pidurdamise ajal oleks sel juhul olnud väiksem, nt 2,5 m/s iga 2 sekundi kohta.
Kui auto vähendab kiirust, siis toimub aeglustumine, mida väljendatakse negatiivse kiirendusena (-) ehk miinusmärgiga.

Kiiruse vähendamist 4 m/s iga 2 s kohta võiks väljendada nii $a = -\frac{4\frac{m}{s}}{2s} = -2\frac{m}{s^2}$

Kiiruse vähendamist 2,5 m/s iga 2 s kohta aga nii $a = -\frac{2{,}5\frac{m}{s}}{2s} = -1{,}5\frac{m}{s^2}$

e) Lahendus

kiiruse sõltuvus ajast



Sel juhul peatub auto 17,5 s pärast. Teepikkus arvutatuna kiiruse-aja graafiku kõvera aluse pindala kaudu on:

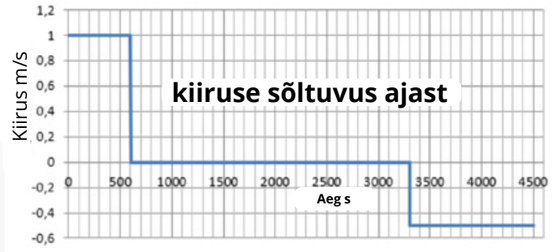
$$\text{Pindala} = \text{ristküliku pindala} + \text{kolmnurga pindala} = 1{,}5s\ 20\frac{m}{s} + \frac{(17{,}5s - 1{,}5s)20\frac{m}{s}}{2} = 30+160 = 190m$$

Korrast ära piduritega ja libedal teel sõidab auto takistusse sisse.

f) Kirjuta siia oma märkmed, küsimused, tähelepanekud.

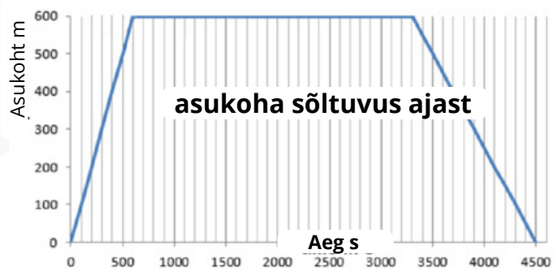
Püüa nüüd luua olukord, kus reaktsiooniaeg suureneb 2,5 s ja kiirus väheneb 2,5 m/s iga 2 s kohta.

Näide:
Ühel päeval läks Arphy kooli, nagu tavaliselt. Tema kiirus oli muutumatult 1 m/s. Pärast tund aega koolis olemist tundis ta end kehvasti, nii et õpetaja saatis ta koju end turgutama. Kuna ta ei tundnud end hästi, siis ta kõndimise kiirus vähenes kuni 0,5 m/s. Varasemalt oli meil juttu kiiruse ja kiirusvektori erinevusest. Et koostada graafikud kiiruse sõltuvus ajast ja teepikkuse sõltuvus ajast, pead sinna märkima ka, et Arphy läks kooli (märgime selle plussmärgiga) ja seejärel vastassuunas (miinusmärk)



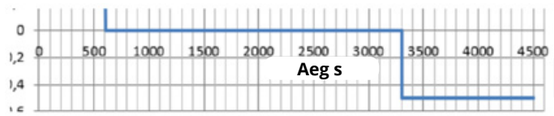
Graafik näeb välja selline. Arphy liikus sirgjooneliselt, seega peame arvestama vaid suunda (pluss- või miinusmärki).

Et leida Arphy läbitud teepikkus, märgime tema asukoha y-teljel ja aja x-teljel. Kodu oli tema teekonna alguspunkt ja sinna pöördus ta ka tagasi. Tema algne ja lõplik asukoht olid samad. Teepikkuse leidmiseks liidame teekonna kooli (600 m) ja tagasi koju (600 m), seega Arphy kõndis kokku 1200 m. **Kuid nihe, mis märgib teepikkust lõpp- ja algpunkti vahel, oli null.**



Nagu näed, on graafikud palju vaistlikumad kui sõnaline tekst. Kui loed andmeid hoolikalt, on sul lihtsam ülesandeid lahendada.
(Asukoha-aja graafiku puhul tuleb meeles pidada, mida on graafikul kujutatud: seda punkti, kus Arphy parajasti asub oma teel kodu ja kooli vahel, nimelt vahemikus 0—600 meetrit kooli poole ja siis alates 600 meetrist tagasi kodu poole.)

Ja nüüd päris viimase ülesande juurde. Arvuta teepikkus samamoodi nagu eelmises näites. (Kiiruse-aja graafiku kõvera alune pindala.) Siin pead arvestama ajateljega.



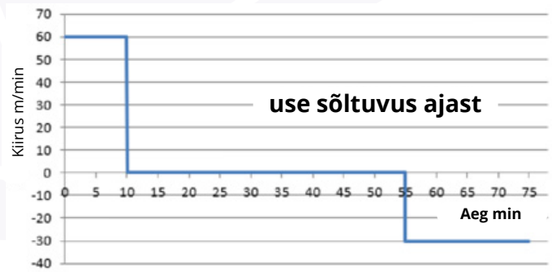
Milline on siin teljel jaotiste väärtus 0—1000 sekundi vahel ja samamoodi 1000—2000 sekundi, 2000—3000 sekundi jne. vahel? Jaotisi on 10, mis tähendab, et iga jaotis tähistab täiendavat 100 sekundit. Kui need teljele kõik eraldi välja kirjutada, muutuks graafik liiga segaseks.

Loeme andmeid:
Arphy alustas oma teekonda kodust, mis oli tema algpunkt. Tema asukoht oli 0 ja aeg oli 0 sekundit. Ta kõndis kiirusega 1 m/s. Kooli jõudes oli aeg 600 sekundit ja asukoht 600 meetrit.

Arphy jäi kooli üheks 45-minutiliseks koolitunniks, s.o 2700 sekundit. Tema asukoht ei muutunud.

Ta alustas koduteed 3300 sekundil, millest 600 sekundit oli tee kodust kooli ja 2700 sekundit ühe koolitunni pikkus, s.o kokku 3300 sekundit.

Arphy kõndis tagasi koju ajavahemikus 3300 sekundit kuni 4500 sekundit, kusjuures ta kiirus oli vaid 0,5 m/s. Nüüd saad teha arvutused

Kui soovid ülesannet lahendada väiksemate arvudega, siis võid mõõta aega minutites. Sel juhul pead kiirust arvestama meetrites minutis. Graafikud näeks sel juhul välja sellised.

Kirjuta siia oma märkmed, küsimused, tähelepanekud.