

Füüsika 8. klassile

Õpik vastab riiklikule õppekavale.

FÜÜSIKA 8. KLASSILE

Autor ERKKI TEMPEL

Retsensendid JAAN PAAVER, HENN VOOLAID

Toimetaja KAIDO REIVELT

Keeletoimetaja PIRET PÖLDVER

Kordustrüki korrektuuri luges MIHKEL KUNNUS

Küljendaja HEIKO UNT

Joonised NILS AUSTA, HEIKO UNT

Kassipildid joonistas URMAS NEMVALTS

Täname

TÜ Füüsika Instituut, TÜ Koolifüüsika Keskus, Taavi Tuvikene, Tõnis Eenmäe, Peeter Tenjes, Mari Reilson, Maret Lepplaan, Rünno Lõhmus, TÜ Arvutiteaduse Instituut, Tartu Tähetorn, Jaak Kikas ja Materjalimaailm.

Maurus Kirjastus OÜ, 2016
Parandatud kordustrükk 2019

Tartu mnt 74, Tallinn 10144
Kirjastuse üldnumber 697 1011
Mobiil 5919 6117
www.kirjastusmaurus.ee
e-post: tellimine@kirjastusmaurus.ee

ISBN 978-9949-641-22-2

Iga peatüki alguses toodud ruutkoodid viivad teid vastava teema lisamaterjalideni.

Kõik materjalid on viidatud ka e-õpikute keskkonnas õpik.füüsika.ee ning õpiku tutvustuse juures Kirjastuse Maurus koduleheküljel www.kirjastusmaurus.ee

Õpiku e-versioon asub aadressile õpik.füüsika.ee

Kõik õigused käesolevale väljaandele on seadusega kaitstud. Ilma autoriõiguse omaniku kirjaliku loata pole lubatud ühtki selle väljaande osa paljundada ei mehaaniliselt ega muul viisil.



Erkki Tempel

FÜÜSIKA

Õpik 8. klassile

Sisukord

OPTIKA

1.1.	Valgus. Valgusallikas	8
1.2.	Valgus kui energia	10
1.3.	Päike. Täht	12
1.4.	Nähtav valgus kui liitvalgus	14
1.5.	Valgusfilter	16
1.6.	Valguse sirgjooneline levimine	18
1.7.	Valguse kiirus	20
1.8.	Vari. Varjutused. Kuu faasid.	22
1.9.	Peegeldumine. Peegeldumiseseadus	24
1.10.	Esemete nägemine. Värviline pind	26
1.11.	Tasapeegel, eseme ja kujutise sümmeetrilisus.	28
1.12.	Kumer- ja nõguspeegel	30
1.13.	Valguse murdumine	32
1.14.	Esemete näiv ja tegelik asukoht.	34
1.15.	Valguse täielik peegeldumine	36
1.16.	Kumerlääts. Nõguslääts.	38
1.17.	Kujutised. Luup.	40
1.18.	Kujutise konstrueerimine.	42
1.19.	Silm. Prillid. Kaug- ja lühinägelikkus.	44
1.20.	Fotoaparaat. Mikroskoop	46
1.21.	Teleskoop	48
Lisalugemine	Google'i prillid ja liitreaalsus	50

MEHAANIKA

2.1.	Mass kui keha inertsuse mõõt	52
2.2.	Aine tihedus	54
2.3.	Mehaaniline liikumine	56
2.4.	Liikumise kujutamine graafikul	58
2.5.	Kehade vastastikmõju	60
2.6.	Gravitatsioon	62
2.7.	Päikesesüsteem	64
2.8.	Hõõrdumine. Hõõrdejõud	66
2.9.	Deformeerimine. Elastsusjõud	68
2.10.	Rõhk	70
2.11.	Pascali seadus	72
2.12.	Rõhk vedelikes erinevatel sügavustel	74
2.13.	Manomeeter	76
2.14.	Maa atmosfäär. Õhurõhk	78
2.15.	Üleslükkejõud	80
2.16.	Keha ujumine. Ujumise ja uppumise tingimus	82
2.17.	Mehaaniline töö ja energia	84
2.18.	Kineetiline ja potentsiaalne energia	86
2.19.	Võimsus	88
2.20.	Lihtmehhanism. Kasutegur	90
2.21.	Lihtmehhanismidest täpsemalt, koos arvutustega	92
2.22.	Võnkumine	94
2.23.	Heli tekkimine ja levimine	96
2.24.	Heli kõrgus ja heli valjus	98
2.25.	Müra ja mürakaitse	100



OPTIKA





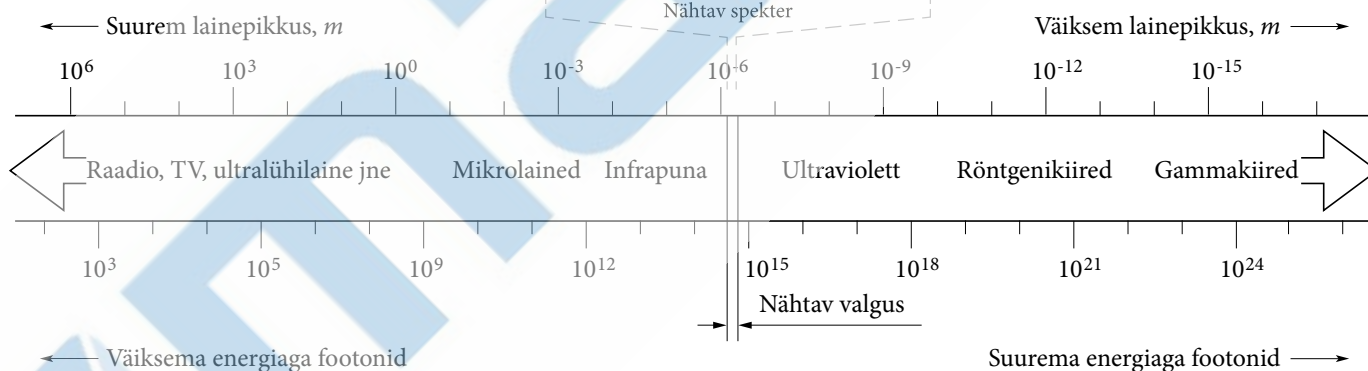
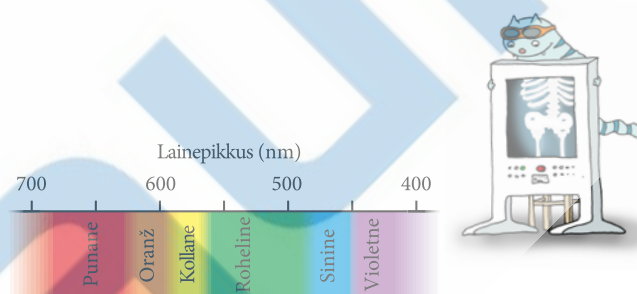
1.1. Valgus. Valgusallikas

Alati, kui me midagi näeme, ümbritseb meid valgus. Valguse kaudu saame enamuse infost meid ümbritseva maailma kohta. Ilma valgus-energiata oleks elu Maal võimatu. Aga mis on valgus?

Valguse võib laias laastus jagada kaheks: **nähtavaks valguseks** ja **nähtamatuks valguseks**. Seda valguse osa, mida inimesed näevad, nimetatakse nähtavaks valguseks. Nähtamatu valgus on aga **ultraviolettvalgus** ja **infrapunavalgus**. Nii võib öelda, et valgus – nähtamatu valgus – ümbritseb meid isegi siis, kui viibime täiesti pimedas ruumis ja silmad midagi ei näe.

Infrapunavalgus ehk infravalgus ehk soojuskiirgus ümbritseb meid ka täiesti pimedas ruumis, kuna kõik soojad kehad kiirgavad infravalgust ja füüsilises mõttes on kõik reaalsed kehad soojad. Lisaks infravalgusele võib meid ümbritseda veel **ultraviolettvalgus** ehk **ultravalgus** (ka UV-kiirgus), mida me ei näe, kuid mis võib meid ikkagi mõjutada – näiteks me päevitume ultravalguse toimel.

Valgus on elektromagnetlaine. Elektromagnetlained on ka näiteks raadiolained, mikrolained, röntgenkiirgus ja gammakiirgus. Suurem osa elektromagnetlainetest pole nähtavad. Kuid mõned on – ja neid me nimetamegi nähtavaks valguseks.



Valguse väikseimat osakest nimetatakse footoniks ning valgust võibki vaadelda kui footonite voogu. Footonil on olemas energia ning valguse energeetilisi omadusi põhjustabki footon. Valgusest kui energiast räägime järgmises peatükis.



Soojuslikke valgusallikaid.

Kehasid, mis kiirgavad nähtavat valgust, nimetatakse **valgusallikateks**. Mõned valgusallikad kiirgavad lisaks valgusele ka soojust, selliseid valgusallikaid nimetatakse **soojuslikeks valgusallikateks**.

Soojuslikes valgusallikates tekib valgus osakeste soojusliikumisel. Soojuslikud valgusallikad on näiteks Päike ja lõke. Hõõglamp on samuti soojuslik valgusallikas, kuna selles tekib valgus hõõgumiseni kuumutatud hõõgniidist (traadist), mille temperatuur võib ulatuda üle 3000 °C.

Lisaks soojuslikele valgusallikatele on olemas ka **külmad valgusallikad**. Sellised valgusallikad kiirgavad nähtavat valgust, kuid soojust kiirgavad nad väga vähe. Ka selliste valgusallikatega puutume kõik igapäevaselt kokku – näiteks telefoni- ja arvutiekraaniga. Külmi valgusallikaid kohtame ka looduses, näiteks suvel pimedas metsas võib märgata rohekaid helendavaid „tulukesi“, emaseid jaanimardikad, kes oma tuledega annavad märku isastele jaanimardikatele. Polaaraladel võib mõnikord taevas märgata virmalisi, mis on samuti külmad valgusallikad. Virmalised erinevad teistest valgusallikatest selle poolest, et neid ei saa kätte võtta ja vaadelda kui kehasid.

Tänapäeval on laialdaselt kasutusel valgusdiodid ehk leedid (rahvusvaheline lühend LED), mida kasutatakse näiteks arvuti-, nutitelefonide ja telerite ekraanides. Kuna leedvalgustid on väga energiasäästlikud, kasutatakse neid ka tavaliste hõõg- ja säästulampide asemel.

Kõik valgusallikad vajavad valguse tekitamiseks energiat. Valgusallikad saavad oma energia keemilise reaktsiooni energiast (lõke, küünlaleek, jaanimardikad), tuumareaktsioonidest (Päike, teised tähed) või elektrienergiast (hõõglambid, arvuti- ja telefoniekraanid).



LED-lambid on külmad valgusallikad.

Probleemülesanded

1. Nimetage soojuslikke valgusallikaid, mida siin õpikus pole mainitud.
2. Nimetage külmasid valgusallikaid, mida siin õpikus pole mainitud.
3. Millise lainepikkusega valgust nimetatakse nähtavaks valguseks? Vastamiseks uuri elektromagnetlainete skaalat.
4. Kumba valgusega, küünlaleegi või gaasipliidiga, kaasneb kõrgem temperatuur? Mille järgi otsustad?

Iseseisvaks uurimiseks

Kas kõigi loomade jaoks on nähtava valguse lainepikkuste vahemik sama, mis inimese jaoks?



1.2. Valgus kui energia



Esemel pleekuvad, kui nad päikese kätte seisma jätta.



Solaarium tekitab kunstlikku ultravalgust.

Vasakpoolne pilt on tehtud tavalise, parempoolne termokaamera. Termokaamera (ka soojuskaamera või infrapunakaamera) registreerib infravalgust. Infravalguse lainepikkus näitab, milline on vaadeldavate objektide temperatuur. See on väga kasulik näiteks majade soojapidavuse uurimisel, sest soojad kohad on just need, kust soojusenergia majast välja pääseb.

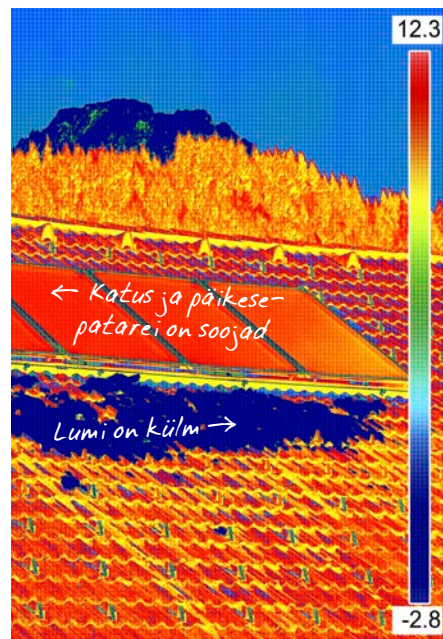
Valguse kätte jäetud esemed soojenevad. Pikaks ajaks päikese kätte jäetud esemed pleekuvad. Päikesepatareisid kasutatakse elektrienergia saamiseks. Millise energia arvel need protsessid toimuvad?

Valgusel on energia. Kui valguse energia neeldub, siis kehad soojenevad. Pleekimisel valguse energia toimel värvi molekulid lagunevad ning värvus muutub. Nägemine põhineb samuti keemilisel reaktsioonil – valgus tekitab silma valgustundlikes rakkudes keemilisi reaktsioone. Valguse energia arvel toimub ka fotosüntees.

Ultravalguse footonitel on suurem energia kui nähtava valguse või infravalguse footonitel ning nii võib ultravalgus inimesele ohtlik olla. Ultravalguse toimel inimesed päevituvad – nahk muutub pruuniks. Viibides aga päikese käes pikka aega, võib tekkida punetus ning nahapõletik – see on tingitud keemilistest reaktsioonidest, mille ultravalgus tekitab. Väheses koguses on see kasulik, aga suures koguses ohtlik. Liigne ultravalgus võib lisaks naha punetusele tekitada ka nahavähki ning mikroorganismidele mõjub ultravalgus surmavalt.

Maad kaitseb liigse ultravalguse eest atmosfääri ülemistes kihtides paiknev osoonikiht (O_3). Erinevates Maa piirkondades on ultravalguse tase väga erinev, kuna osoonikihi paksus ei ole igal pool sama. Kohti, kus osoonikiht on hõrenenud, nimetatakse osooniaukudeks. Nendes piirkondades jõuab maapinnale ohtlikus koguses ultravalgust.

Infravalgust kiirgavad kõik soojad kehad, sellepärast võib seda nimetada ka soojuskiirguseks – me tajume seda soojusena, kui satume lõkke või kuumapliidi lähedale. Kõrgema temperatuuriga kehade soojuskiirgus on tugevam, külmade kehade soojuskiirgust me füüsiliselt ei taju. Väga intensiivne soojuskiirgus võib põhjustada ka põletust, süüdata või sulatada esemeid.





Selle lennuki nimi on Solar Impulse ning temast sai esimene päikese-energiat töötav lennuk, mis lendas ümber maailma. Päikeseenergia kogumiseks on kõik tema tiivad ja kere pealt poolt kaetud päikese-patareidega. Oma teekonna lõpetas ta 2016. a.

Tähtis on meeles pidada ka seda, et ilma valguse energiata oleks Maa lihtsalt üks külm kivitükk. Kõik, mis me igapäevaselt enda ümber elamas ja liikumas näeme, saab oma energia kas otseselt või kaudselt viisil Päikeselt ja valdavalt just valguse energiana, olgu selleks siis tuul, vihmapiilvede tekkimine, taimede kasvamine või organismide arenemine.

Kuigi Päike soojendab korraga vaid Maa ühte külge, ei kõigu Maal ööpäevane temperatuur väga palju – Maad ümbritseb atmosfäär, mis ei lase Maal soojus-kiirgusena liiga palju energiat kaotada. Näiteks meie naaberplaneedil Marsil, kus atmosfäär on väga hõre, muutub temperatuur ööpäeva jooksul väga palju – päevane temperatuur võib tõusta kuni 25 °C-ni ning öine langeda –125 °C peale.



Taituun nähtuna maalahedaselt orbiidilt rahvusvahelise kosmose-jaama (ISS) pardalt. Ka taituunid saavad oma energia Päikeselt.

Probleemülesanded

1. Milliste lihtsate katsetega saab tõestada, et valgusel on olemas energia?
2. Millised kehad kiirgavad infravalgust?
3. Miks on ultravalgus inimesele ohtlik?

Iseseisvaks uurimiseks

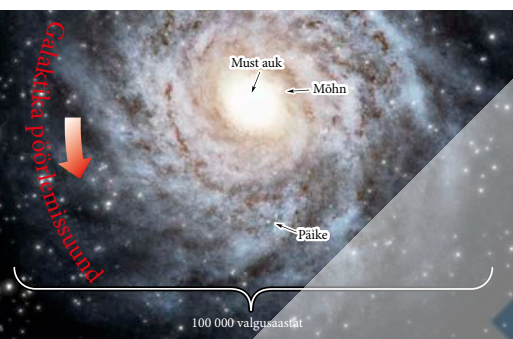
Nimeta seadmeid, mis töötavad valgusenergiaga.



1.3. Päike. Täht



Päike nähtuna maalähedaselt orbiidilt.
Maalt paistab Päike kollasena vaid
sellepärast, et osa valgust neeldub
Maa atmosfääris.



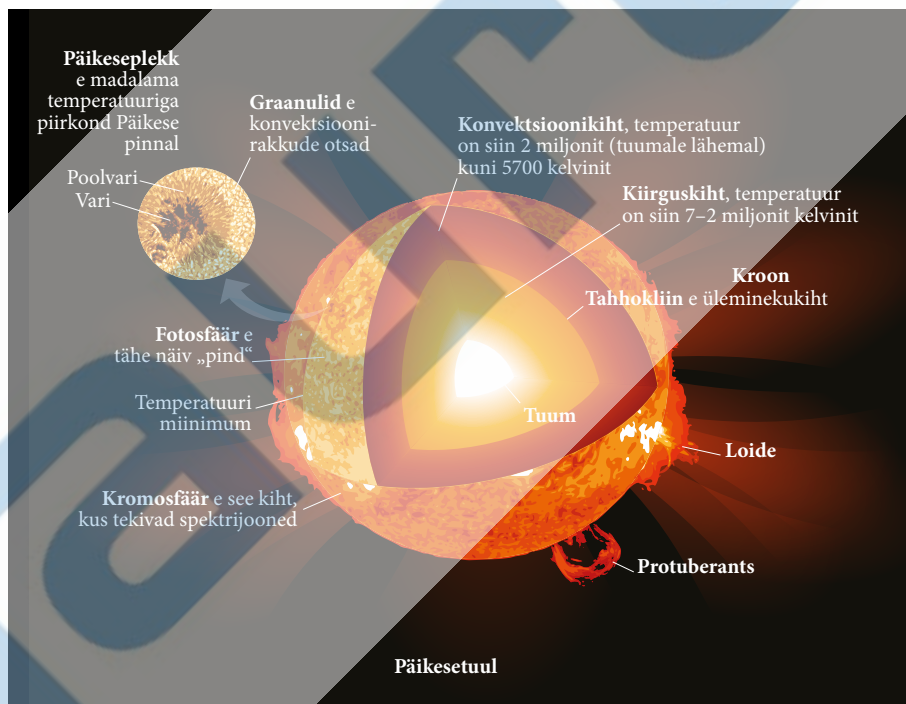
Umbes sellist pilti näeksime siis,
kui sõidaksime kosmoselaevaga
50 000 valgusaasta kaugusele Linnur-
tee tasapinnast. Joonisele on kantud
ka Linnutee tähtsamad osad.



Hubble'i kosmoseteleskoobi pilt
kaugetest galaktikatest – iga
piklik punkt sellel pildil on
galaktika miljardite tähtedega.

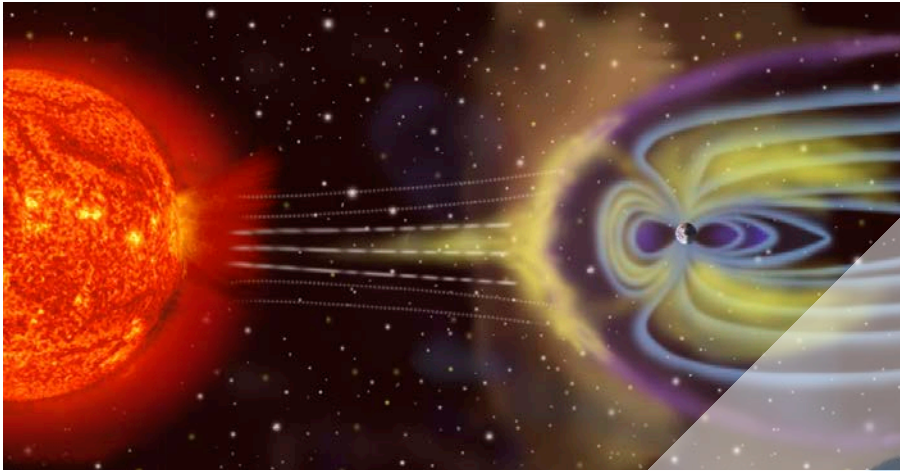
Päike on üks enam kui 100 miljardist tähest **Linnutee galaktikas**. Päikesel muutub vesinik termotuumareaktsioonis heeliumiks. Selle protsessi käigus eraldub tohutult energiat – igas sekundis $3,6 \times 10^{26}$ J, see on miljoneid kordi rohkem kui kogu inimkond tarbib terve aasta jooksul. Päike on oma praegusel kujul eksisteerinud umbes neli ja pool miljardit aastat ning astrofüüsikute hinnangul kiirgab Päike samamoodi energiat veel umbes 5 miljardit aastat.

Maale jõuab ainult väga väike osa Päikese energiast (umbes 1 miljardik kogu Päikese kiiratud energiast). Kuid see energiakogus on täiesti piisav, et Maal saaks eksisteerida elu.



Päikese siseehitus õiges mõõtkavas. Päikese pinnal esinevad tumedad ja heledad laigud näitavad vastavalt madalama ja kõrgema temperatuuriga piirkondi.

Galaktika on tohutu tähelise ja tähtedevahelise aine kogum, mida hoiab koos tema enda gravitatsioon. Seda galaktikat, kus meie elame, nimetatakse **Linnuteeks**. Päike asub galaktika osas, mida nimetatakse galaktika kettaks – suur, ringikujuline, lapik piirkond, mis sisaldab enamuse galaktika heledatest tähtedest ja tähtedevahelisest ainest. Kuna me oleme ketta sees, siis paistab galaktika ketas öise tumeda taeva taustal heleda ribana ning sellest tulenebki nimetus Linnutee. Vaadates ketta tasandiga ristisuunas, satub vaatejoonele suhteliselt vähem tähti, samal ajal kui ketta tasandis vaadates satub vaatejoonele oluliselt rohkem tähti.



Päikeselt purskunud laetud osakeste voog Päikeselt Maale. Maad kaitseb magnetväli, mis kallutab laetud osakesed kõrvale. Maa ümber on kujutatud Maa magnetosfääri. Sellest hoolimata jõuab osa laetud osakestest Maa magnetpooluste kaudu atmosfääri ja sellest tekitivad virmalised.

Päikesel esinevad **päikesepursked**, vulkaanilaadsed nähtused, mille käigus paiskub selle pinnalt välja suures koguses ainet, mille osakesed liiguvad kiiresti läbi Päikesüsteemi. Maale jõudes hävitaksid need siinse elu üsna kiiresti. Maad kaitseb nende osakeste eest Maa magnetväli ja atmosfäär. Aeg-ajalt kuuleme Maad tabanud magnetilmadest või näeme virmalisi – neid põhjustab just selline Päikese aktiivsus, sest Maa magnetvälja sattunud osakesed tekitavad valgusefekte.

Satelliitide ja kosmoseaparaatide jaoks on Päike ühtaegu õnn ja õnnetus. Õnn sellepärast, et päikese energia võimaldab toota elektrienergiat ja satelliitide süsteemi töös hoida. Samas kahjustab intensiivne ultravalgus (aga eriti röntgen- ja gammakiirgus ning kosmiline kiirgus) pidevalt satelliidi süsteeme.

Probleemülesanded

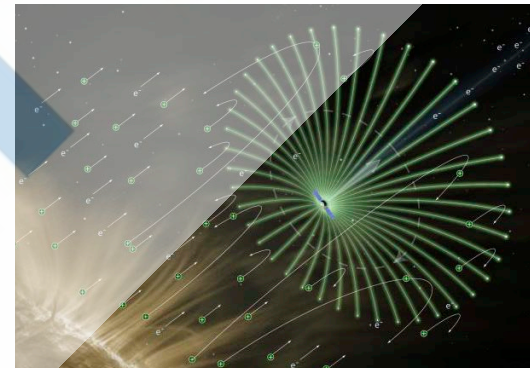
1. Mille poolest on Päike eriline täht?
2. Millise galaktika tähti me taevast näeme?

Iseseisvaks uurimiseks

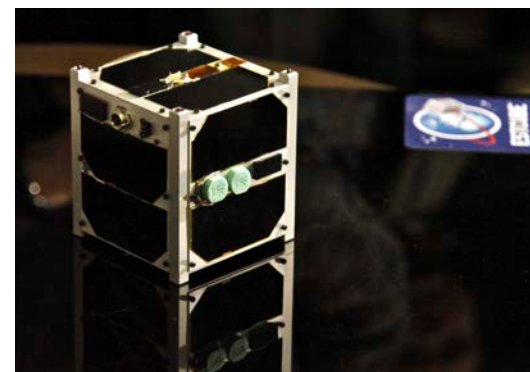
1. Millest on tingitud virmalised?
2. Milline täht on meie kõige lähemal ning kui kaugel ta meist asub? Aga kauguselt teine lähim täht?
3. Kas kõikidel tähtedel on sama temperatuur? Milline on Päikese temperatuur? Milline võib olla suurim temperatuur tähtel?



Päikeselt purskunud laetud osakeste vood põhjustavad Maa atmosfääri jõudes virmalisi.



Päikeselt purskunud laetud osakeste „tuules“ on võimalik tähtede poole purjetada. Selleks tuleks vaid heisata piisavalt suur päikesepuri.



ESTCube-1 oli aktiivne 742 päeva. Esimese aasta jooksul langes tema päikesepaneelide tootlikkus 60%, missiooni lõpuks oli see langenud 80%.



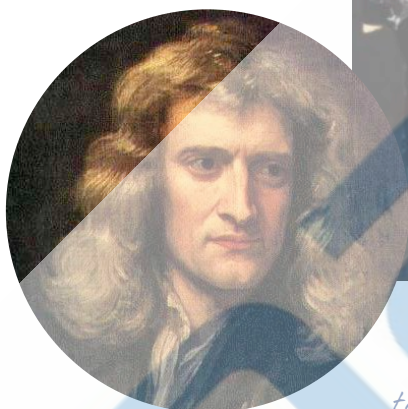
1.4. Nähtav valgus kui liitvalgus



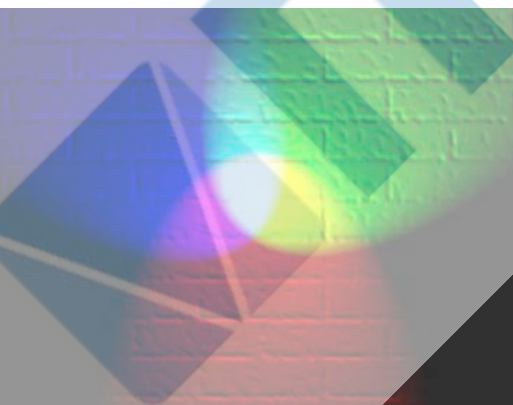
Vahel vihmase ilmaga me näeme vikerkaart. Selles on eristatavad punane, oranž, kollane, roheline, sinine, tumesinine ja lilla värvus. Kuna üleminek ühelt värvilt teisele toimub sujuvalt, siis võib seal hea tahtmise korral näha veel palju rohkem värve. Kust need värvid tulevad?

Füüsikud ütlevad selliste nähtuste põhjal, et valge valgus on **liitvalgus**, st ta koosneb erinevat värvi valgustest. Tõepoolest, kuna vesi vihmapiiskades ise valgust ei kiirga, peab kogu see värvikirevus tulema Päikese valguse „seest“, vihmapiisad teevad need värvid lihtsalt nähtavaks. Tekkivat värvide paletti nimetatakse **spektri**ks.

Valguse spektri mõiste võttis kasutusele Isaac Newton juba 1666. aastal. Newton sai spektri nii, et lasi läbi klaasprisma kitsa valgusvihu, katse tulemuseks nähtavale ekraanile värviline riba.



Isaac Newton (1643–1727) oli mitmekülgsest andekas Inglise teadlane, kes tegeles nii füüsika, matemaatika, astronoomia, alkeemia kui ka teoloogiaga. Newton töötas välja mehaanika üldised seadused, mida tänapäeval tuntakse Newtoni mehaanika põhiseadustena, ja uuris põhjalikult ka valguse omadusi. Newton sõnastas optika põhiseadused: valguse sirgjooneline levimine, peegeldumisseadus ja murdumisseadus.

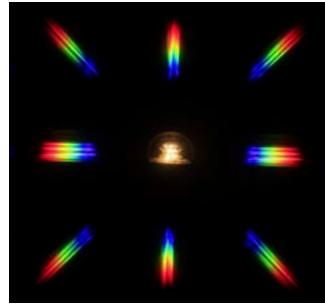


Newton oletas, et spektri värviliste valguste liitmisel saadakse uuesti valge värvus. Tal oli õigus ning ta tõestas seda ka katseliselt. Newton suunas spektri värvid ühte punkti ning sai tulemuseks valge valguse.

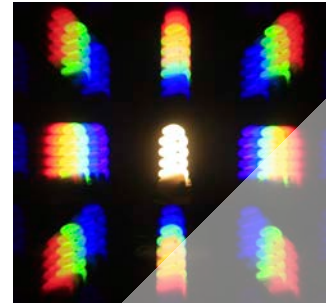
Valguste liitmisel saadakse uuesti valge värvus. Sellel pildil liituvad seinal sinist, punast ja rohelist värvi valgus.



Küünal vaadatuna läbi joonte võrgustikuga kaetud valgusvõre (difraktsioonivõre).



LED-lamp vaadatuna läbi valgusvõre.



Luminofoorlamp (päeva- valguslamp) vaadatuna läbi valgusvõre.



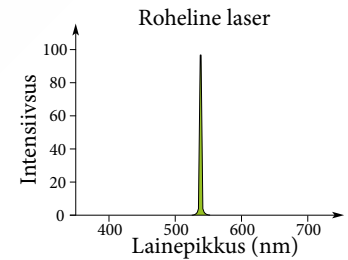
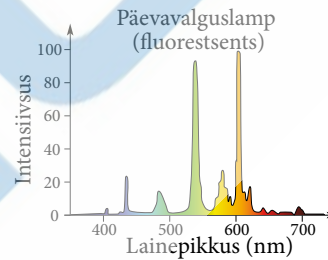
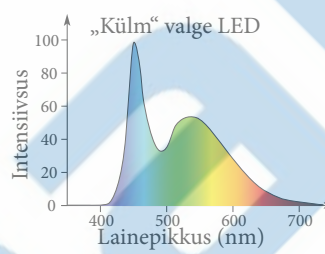
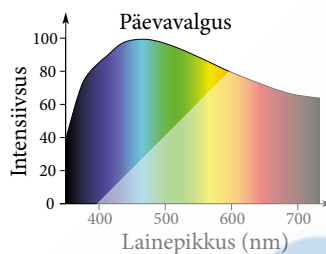
Laseriga ekraanile tekitatud valgustäpp vaadatuna läbi valgusvõre.

Igapäevaelus me kasutame erinevaid valgusallikaid. Erinevatel valgusallikatel on üldiselt ka erinevad spektrid, tähendab, neid on erinevat värvi valgust erinevas vahekorras.. Näiteks hõõglambi valgus on enamasti natuke kollakam kui päikesevalgus, kuna sisaldab vähem sinist ja violetset valgust.

Valguse spektreid esitatakse tihti graafikutel, kus horisontaalsel teljel on erinevad värvid, vertikaalsel teljel see, kui tugev üks või teine värv uuritavas valguses on. Siit leheküljelt leiad küünla, LED-lambi, päeva valguslambi ja laseri spektrid nii fotol kui ka graafikul. Võrdle neid!



Niimoodi on need pildid tehtud - hoidsime fotoaparaadi ees valgusvõret.



Erinevate valgusallikate kiiratud valguse spektrid. Kas leiad seose lehekülje ülemises servas olevate piltidega?

Probleemülesanded

1. Kas valgele valgusele vastab kindel valgusspektri osa? Milline?
2. Kuidas saaks katseliselt näidata, et päikesevalguse ning laelambi valguse spektrid on erinevad?
3. Uuri katseliselt, milline on sinu mobiiltelefoni valguse spekter.

Iseseisvaks uurimiseks

1. Tänavavalgustuses kasutatavad lambid on enamasti kollaka valgusega. Milline on sellise lambi spekter?
2. Kuidas tekib vikerkaar? Miks on vikerkaar kaarekujuline?



Spektrite vaatlemine ei ole raketiteadus. Näiteks küünla valguse spektrit saab vaadata CD- või DVD-plaadiga.



1.5. Valgusfilter



Kollakas päikesevalgus langeb värvilistest klaasidest tehtud aknale, põrandale langevad erineva värvusega valguslaigud.

Valge valgus on liitvalgus, st selle spektris on olemas kõiki värvi valgused alates punasest ja lõpetades violetsega. Mida peaksime tegema siis, kui soovime liitvalgusest eraldada vaid ühte värvi valgust?

Kui suuname valge valguse läbi punase klaasi, siis tekib seinal punane valguslaik. See on sellepärast, et punasest klaasist pääseb läbi vaid punane valgus, teist värvi valgused neelduvad. Sarnaselt laseb sinine klaas läbi vaid sinist valgust, roheline klaas ainult rohelist valgust jne. Füüsikud ütlevad selle kohta **valguse filtreerimine** ja eri värvi klaasid on **valgusfiltrid**.

Valgusfiltreid saab kasutada olulise info esiletoomiseks.



Mitmevärviline lillesülem õues ja seesama lillesülem läbi sinise valgusfiltri. Pange tähele, et sinised õied joonistuvad nüüd palju selgemini välja.

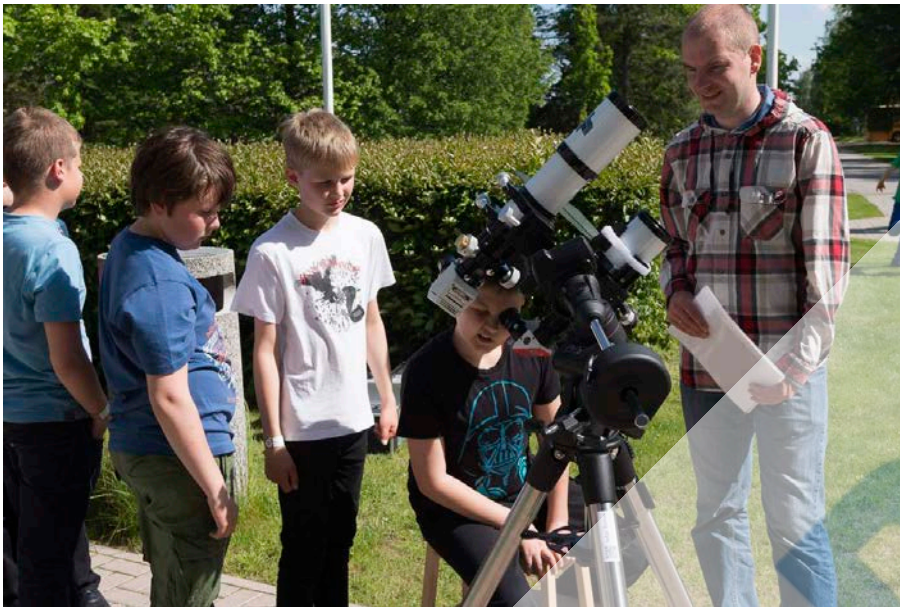
Aga mida teeb näiteks roosa klaas? Sellest aru saamiseks tuleb esmalt mõista, et enamik meid ümbritsevaid valguseid on liitvalgused, sisaldades erinevat värvi valguseid, nii ka roosa valgus. Järelikult peab roosa klaas läbi laskma erinevat värvi valguseid parajasti nii, et kokku moodustuks roosat värvi valguse spekter.

Ehkki tänapäeval saadakse värvilist valgust põhiliselt juba loomu poolest ühevärvilist valgust kiirgavatest valgusdiodidest, on valgusfiltritel endiselt palju rakendusi.

Valgusfiltrid ei pea alati olema klaasist. Päevituskreemi ülesanne on blokeerida osaliselt ultrakiirgust, nii et tegelikult on ka päevituskreem valgusfilter.

Infrapunakaamerate objektiivide ette pannakse valgusfilter, mis laseb läbi ainult infravalgust. See on hea, sest nähtav valgus neid kaameraid ainult segaks. Silmaga vaadates tunduvad sellised filtrid täiesti läbipaistmatud.





Hetk päikesevaatluselt, mida juhendab Taavi Tuvikene. Läbi teleskoobi Päikese vaatamine ei oleks võimalik, kui teleskoopi ei oleks lisatud sobivaid valgusfiltreid. Valgusfiltritel on siin kaks ülesannet. Kindlasti peavad nad nõrgendama Päikeselt silma jõudvat valgust. Lisaks sellele lisatakse päikeseteleskoopidesse tihti ka H-alfa filter, mis laseb läbi vaid üht, väga konkreetset värvi valgust. Erinevate valgusfiltrite kasutamine annab Päikese kohta erinevat informatsiooni.

Kuna digikaamerad „näevad“ ka neid spektri piirkondi, mis on inimsilmale nähtamatud (näiteks ultravioletvalgus ja infrapunavalgus), siis tuleb näiteks kosmosest või Päikesest tehtud ilusate värviliste piltide korral alati küsida, kas need paistavad samasugused ka inimsilmale. Inimsilmale muidu nähtamatu valgus kantakse tihti digitaalselt („photoshopitakse“) üle nähtavasse piirkonda, st iga nähtamatu valguse värv seatakse vastavusse mõne nähtava värviga.

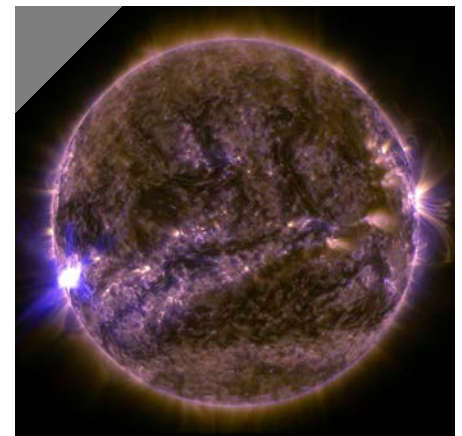
Põnev on see, et erinevad valgusfiltrid toovad esile infot Päikese erinevate kihtide kohta. Näiteks nähtavas valguses pildistamine annab infot fotosfääri kohta, samas H-alfa filter kromosfääri kohta.

Probleemülesanded

1. Kus kasutatakse valgusfiltreid igapäevaselt?
2. Uuri katseliselt, mis värvi paistavad erinevat värvi kehad, kui vaatame neid läbi punase või sinise klaasi.
3. Miks päikeseprillides ei kasutata punaseid ja siniseid klaase, vaid enamasti hallikaid või pruunikaid?



Päike läbi H-alfa filteri (ülemine pilt) ja nähtavas valguses (alumine pilt).



Päikeselt kiirguv ultravalgus. Valevärvvidena on kasutatud rohekas-sinist ja kuldset.



1.6. Valguse sirgjooneline levimine



Udus või ka näiteks tolmuga täidetud hämaras ruumis on näha, kuidas valgus levib pärast ava läbimist sirgjooneliselt.

Me oleme õppinud, et valgus jõuab Päikeselt Maale. Klassiruum muutub valgeks, kui tuled põlema panna. Nende nähtuste kohta ütleme, et **valgus levib Päikeselt Maale ja lampidest klassiruumi**. Kuidas valgus levib?

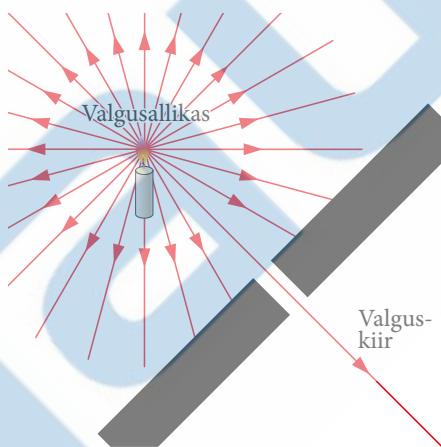
Espool mainisime, et valgust võib vaadelda kui energiat. Valguse levimise all mõeldaksegi valgusenergia edasikandumist ühest kohast teise.

Valguse levimiseks on vaja läbipaistvat keskkonda. Nii levib valgus gaasilistes keskkondades, aga ka läbipaistvates vedelikes ja tahketes ainetes, näiteks vees ja klaasis. Valgus võib levida ka vaakumis, kus aineosakesed puuduvad. Näiteks jõuab Maale valgus isegi teistest galaktikatest.

Keskkondi, kus valgus saab levida, nimetame **optilisteks keskkondadeks**.

Kui valgus tungib läbi väikese augu, tekib ruumi valguskiir, mis levib otse ilma kõrvale kaldumata. Sellist valguskiirt saab tekitada ka laserpointeriga. Sellest ja teistest analoogilistest katsetest järeldame, et **valgus levib sirgjooneliselt**.

Joonistel kasutatakse valguse levimise kujutamiseks sirglõike, millele on kantud valguse levimise suunda tähistav nool, ja neid nimetatakse **valguskiirteks**.



Punktikujuline valgusallikas ja tema valgus, kujutatud valguskiirtena. Niimoodi saab tavalisest, igas suunas valgust kiirgavast valgusallikast kitsa valgusvihu.



Füüsikas on valguskiir kokkuleppeline teoreetiline mõiste, mille abil on valguse levimist lihtne kujutada ja seletada. Reaalses elus ei ole võimalik ühte valguskiirt tekitada isegi laseri abil, kõik valgusallikad tekitavad kiirtekimbu, mida nimetatakse ka **valgusvihuks**. Valgusvihk on see piirkond ruumis, kus valgus levib.

Valgusvihk on justkui valguskiirte kimp, kus üksikud kiired võivad, aga ei pea olema üksteisega paralleelsed. Joonistel näidatakse ära mõned iseloomulikud valgusvihu valguskiired ning valguse levimise suund.

Kui näiteks laser tekitab peaaegu paralleelse valgusvihu, siis küünal valgustab ruumi kõikides suundades.

Laser on eriline valgusallikas – see kiirgab välja väga kitsa valgusvihu, milles valguskiired on üksteisega peaaegu paralleelsed.

Kõige olulisemad valgusvihkude alaliigid on **hajuv, paralleelne ja koonduv valgusvihk**.

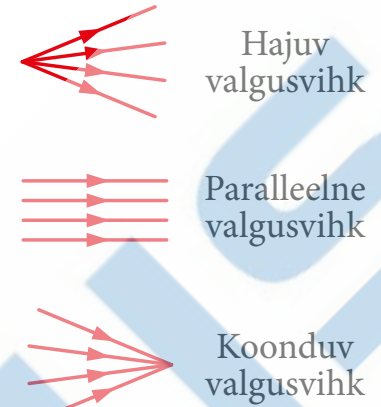
Hajuva valgusvihi moodustavad kiired, mis lähtuvad ühest punktist, kuid edasi eemalduvad üksteisest – näiteks künla valgust võib vaadelda hajuva valgusvihuna.

Paralleelse valgusvihi korral on kõik valguskiired paralleelsed.

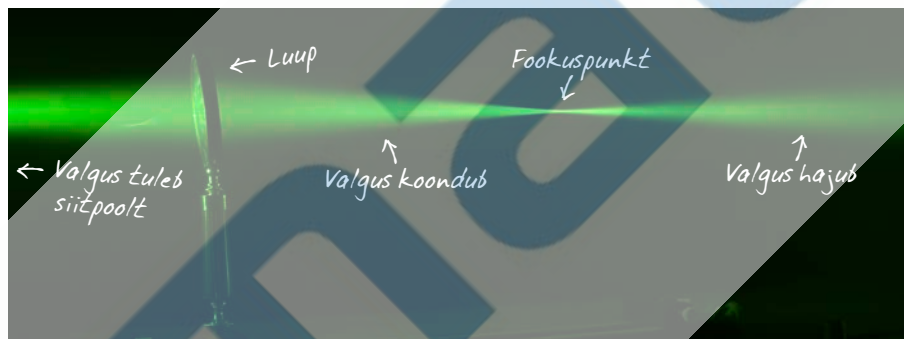
Koonduv valgusvihk koosneb valguskiirtest, mis üksteisele lähenevad (ideaalsel juhul koonduvad ühte punkti) – koonduv valgusvihk tekib näiteks luubi taga, kui sellele langeb päikesevalgus.

Joonistelt on selgesti näha, et paralleelne valgusvihk on ainuke, mille läbimõõt levides ei muutu. Selliseid valgusvihke saab tekitada laseri abil ja see on üks neid omadusi, mis teeb laserist nii erilise valgusallika – me võime panna elekt-ripirni või mõne muu tavalise valgusallika külge ükskõik kui keerulise optilise süsteemi, sarnast tulemust, kui seda pakub laser, saavutada ei ole võimalik.

Looduslikuks paralleelse valgusvihi allikaks on Päike. See ei tähenda, et Päike kiirgab valgust vaid ühes suunas. Aga vahemaa Päikese ja Maa vahel on seda-võrd suur, et meieni jõudvad kiired on praktiliselt paralleelsed. Sellest arusaamiseks proovi joonistada kiiri Päikeselt Maale. Märkad, et Maani jõuavad vaid need, mis liiguvad otse Maa poole.



Maa ja Päikese omavaheline kaugus ja suurused enam-vähem õigetes proportsioonides.



Hajuv valgusvihk levib vasakult paremale, läheb läbi luubi ja muutub siis koonduvaks valgusvihuks ning siis mõne aja pärast jälle hajuvaks valgusvihuks.



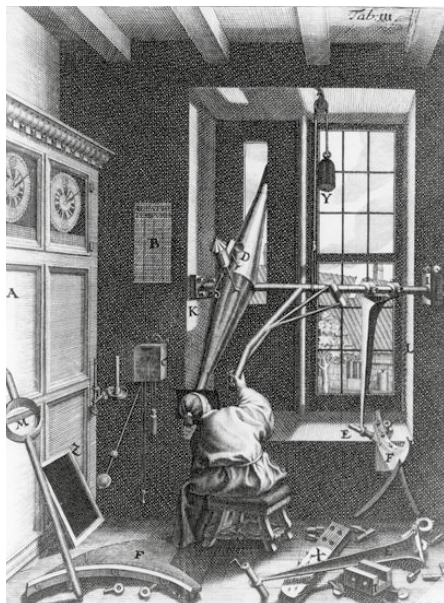
Prožektor kõrghoone katusel. Tegemist on ilmselgelt hajuva valgusvihuga.

Probleemülesanded

1. Kuidas saab katseliselt tõestada, et valgus levib sirgjooneliselt?
2. Kas katseliselt on võimalik tekitada üksik valguskiir? Põhjenda.
3. Millised valgusallikad tekitavad hajuva valgusvihi, millised koonduva?
4. Kasutades päikesevalgust ja luupi, proovi tekitada koondav valgusvihk. Kas valgusvihk on õhus jälgitav?



1.7. Valguse kiirus



Veel mõnisaada aastat tagasi arvati, et valgus levib ühest kohast teise hetkeliselt. Selline mulje jääb kergesti, sest näiteks süüdates toas tuled, on kogu ruum hetkega valgustatud. Tegelikult kulub ka valgusel aega, et levida ühest kohast teise. Aga kui kaua?

Üks esimesi teadlasi, kes valguse kiiruse kindlaks määras, oli Taani astronoom Ole Christensen Rømer. 1676. aastal sai ta valguse kiiruseks 220 000 km/s. Rømer määras valguse kiiruse astronoomiliste vaatluste põhjal. Alles paarsada aastat hiljem suudeti valguse kiirus täpsemalt määrata maapealsetes tingimustes.

Tänapäeval on valguse kiirus vaakumis väga täpselt teada, see on 299 792 458 m/s ehk ligikaudu 300 000 km/s.

See on väga suur kiirus – valgusel kulub Päikese ja Maa vahel laiuva ligikaudu 150 000 000 km läbimiseks ainult 8 minutit ja 20 sekundit.

Valgus levib erinevates optilistes keskkondades erineva kiirusega.

Näiteks klaasis levib valgus umbes 1,5 korda aeglasemalt kui õhus ning teemandis on valguse kiirus umbes 2,4 korda väiksem kui õhus. Õhk aeglustab valguse levimise kiirust väga vähesel määral, mistõttu võime valguse levimise kiiruseks õhus lugeda valguse kiirust vaakumis.

Õhk*	300 000 km/s
Vesi	225 000 km/s
Klaas	200 000 km/s
Teemant	124 000 km/s

Valguse ligikaudne kiirus erinevates optilistes keskkondades.

Põhjust, miks valgus levib erinevates optilistes keskkondades aeglasemalt kui vaakumis, võib võrrelda inimese liikumisega õhus ja vees – märksa lihtsam on joosta mööda maad õhus kui rinnuni vees. Sama on ka valgusega – kuitahes läbipaistev optiline keskkond ikkagi takistab valguse levimist, mistõttu levib valgus seal aeglasemalt. Sellist nähtust iseloomustavat füüsikalist suurust nimetatakse **optiliseks tiheduseks**.

Astronoomias kasutatakse valguse kiirust objektidevaheliste kauguste mõõt-

Ülesanne Eesti füüsikaolümpiaadilt: Esimese hinnangu valguse kiirusele andis Rømer 1675. a, uurides Jupiteri kaaslane Io liikumist. Io orbiit asetseb ligikaudu Maa orbiidi tasapinnas, nii et kaaslane kaob periooditi Jupiteri varju. Mõõtmised näitavad, et intervall kahe järjestikuse hetke vahel, kui Io ilmub nähtavale Jupiteri varjust, kõigub maksimaalselt 15 s ulatuses teatava keskväärtuse (42,5 h) ümber sõltuvalt Päikesest, Maa ja Jupiteri vastastikusest asendist (vt joonis). Teades, et Maa kaugus Päikesest on $1,5 \times 10^8$ km, hinnata valguse kiirust. Eeldada, et Jupiteri orbitaalkiirus ümber Päikese on palju väiksem kui Maal.