

The background of the slide features a close-up of a human eye on the left side, looking through a diamond-shaped metal mesh. The eye is brown and detailed. The mesh is set against a blue background with a faint, textured pattern of what appears to be a brick wall.

Värvid ja nägemine

Ly Sõõrd

MSc füüsikaharidus

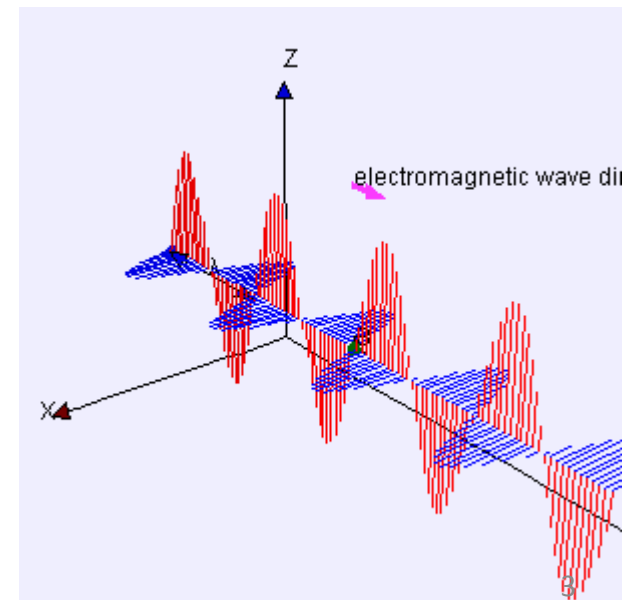
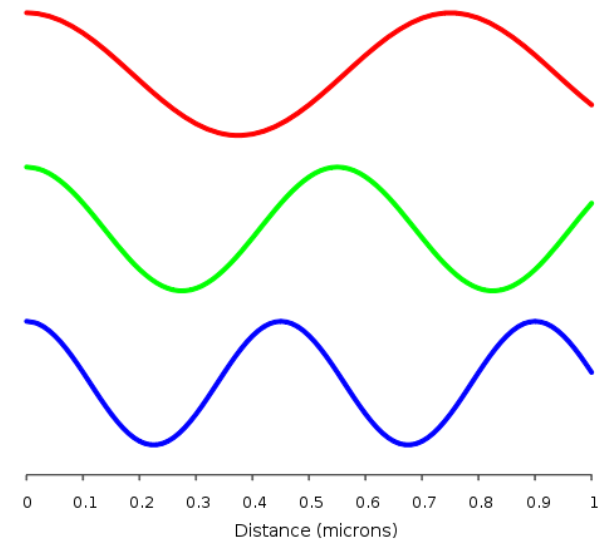
Tartu Ülikooli teaduskooli haridustehnoloog

9. mai 2016



Mis on valgus?

- Valgus on **elektromagnetlaine**, mille lainepikkus on 380-760 nm
- Elektromagnetlaine on **elektri- ja magnetväljade häirituse** levik ruumis ja see ei vaja levimiseks keskkonda
- Elektromagnetlaineid kiirgavad kiirendusega liikuvad elektrilaengud

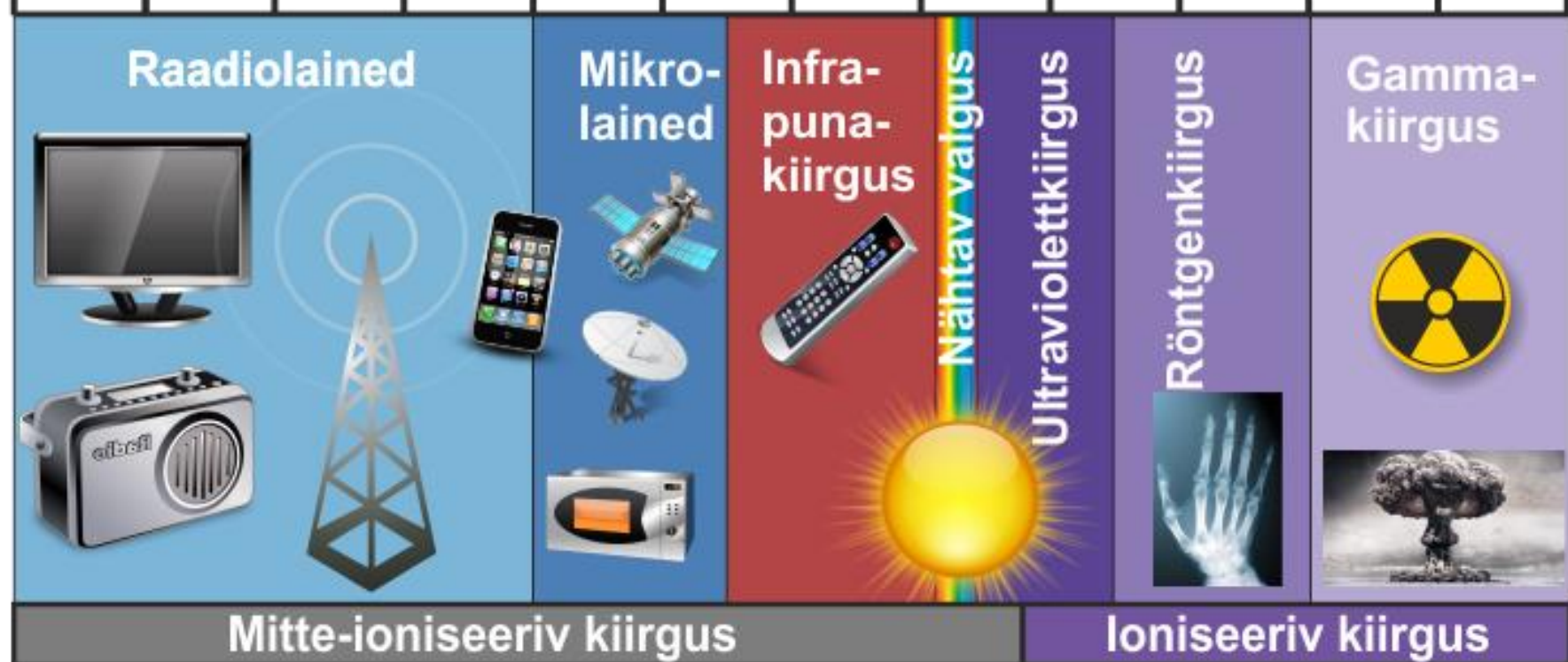


Elektromagnetlainete spekter:



Elektromagnetlainete lainepikkus meetrites:

10^8 10^6 10^4 10^2 10^0 10^{-2} 10^{-4} 10^{-6} 10^{-8} 10^{-10} 10^{-12} 10^{-14} 10^{-16}



Kuidas tekib elektromagnetkiirgus?



Kõik kehad, mille temperatuur on kõrgem kui 0 kelvinit (ehk $-273,15^{\circ}\text{C}$), kiirgavad **elektromagnetilist kiirgust**, mille tugevus sõltub keha **temperatuurist**. Sellepärast nimetatakse seda kiirgust ka **soojuskiirguseks**.

Elektromagnetkiirgust tekitavad ka elektrilised, keemilised ja biokeemilised protsessid.

Kui raudkangi järg-järgult kuumutada, hakkab see kiirgama soojuskiirgust ja nähtavat valgust. Esimesena ilmub halli värvi nõrk kuma. Kui temperatuuri tõsta, siis kuma muutub järjest nähtavamaks: esmalt tuhmpunaseks, siis kollaseks ja lõpuks pimestavaks sinakasvalgeks.



Valguskiired levivad:

- **optiliselt läbipaistvates** keskkondades, näiteks vaakumis, õhus, klaasis, vees
- ühtlases keskkonnas **sirgjooneliselt**
- vaakumis **kiirusega 299 792 458 m/s**

Valguse kiirus

- Väikestel vahemaadel levib valgus meie jaoks silmapilkselt. Kui aga vahemaad on suured, siis jõuab valgus vaatajani teatava hilineemisega.
- Näiteks valgus levib:
 - Päikeselt Maale 8 minutiga
 - Kuult Maale 1,2 sekundiga
 - kaugetelt tähtedelt ja galaktikatest sadu ja miljoneid aastaid





**Seepärast mõõdetakse astronoomilisi
kaugusi valgusaastates**

Valgus astronoomilistelt kaugustelt



Need galaktikad asuvad Maast 400 miljoni valgusaasta kaugusel

See tähendab, et valguse levimiseks sealt meieni on kulunud 400 miljonit aastat.

Meie näeme neid galaktikaid sellisena, nagu need olid 400 miljonit aastat tagasi. Ja meil ei ole mingit võimalust näha, millised need galaktikad praegusel ajahetkel välja näevad.¹⁰

Miks me näeme maailma enda ümber?



Kuidas maailm meile paistab?

Maal: Pieter Claesz (1597–1660) "Vaikelu veiniklaasi ja hõbepeekriga"



Foto: Earl53 (Morguefile)

<http://mrg.bz/R6ZsNE>



POV-Ray: Jaime Vives Piqueres (2002)
"Klassikaline vaikelu õunte ja kaaluga"



POV-Ray: Jaime Vives Piqueres (2003)
„Terrass”¹²

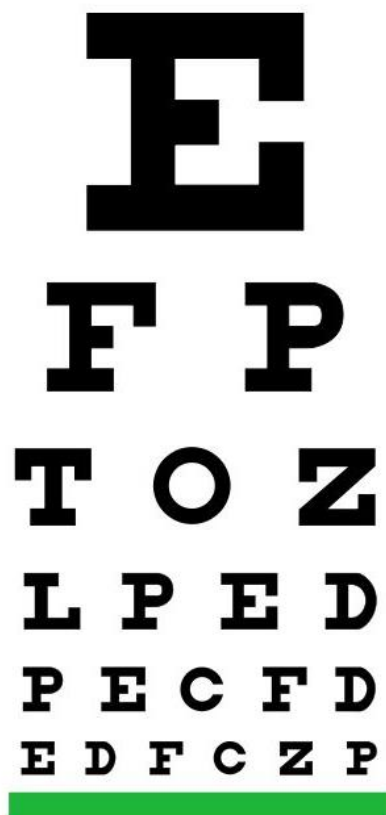
Arvutigraafika

Tänapäevane arvutigraafika võimaldab luua fotorealistlikke pilte, kus arvuti arvutab välja kolmemõõtmelised objektid, materjalide värvused ja läbipaistvuse, valguskiirte suunad, varjud, murdumised ja peegeldused ning selle tulemusena sünnib fotorealistlik arvutigraafika.



Foto briti kunstniku William Marlow'i (1740-1813) õlimaalist "Capriccio: St Paul ja Veneetsia kanal" ja 2003. aastal arvutigraafikas loodud stseen Marlow'i maali põhjal. Kumb on kumb?

"Capriccio" by [Gena Obukhov](#), [Ib Rasmussen](#), [Jim Charter](#), [Txemi Jendrix](#), [Peter Hertel](#), [Matti Karnaattu](#), [Bob Hughes](#), [Christoph Hormann](#) (2003)



F E L O P Z D

D E F P O T E C

L E F O D P C T

F D P L T C E O

P E Z O L C F T D

1 20/200

2 20/100

3 20/70

4 20/50

5 20/40

6 20/30

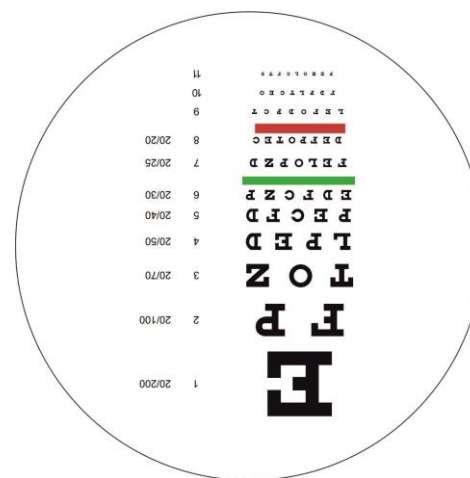
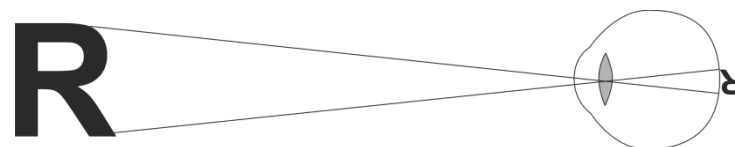
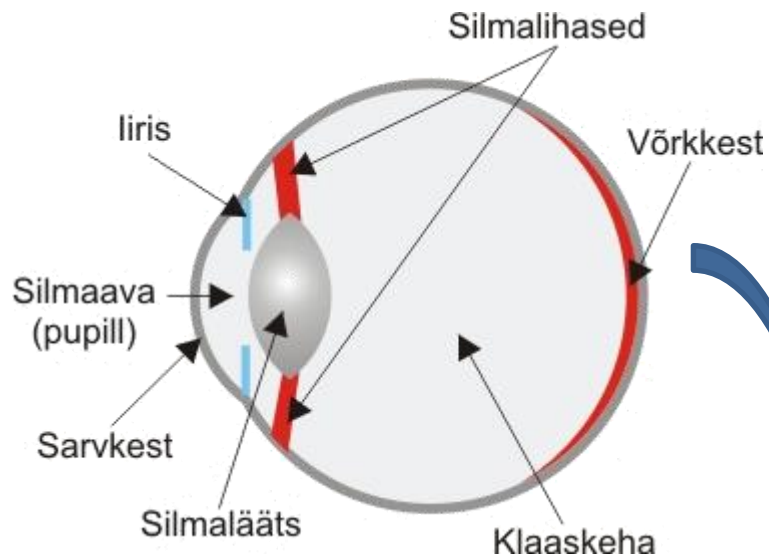
7 20/25

8 20/20

9

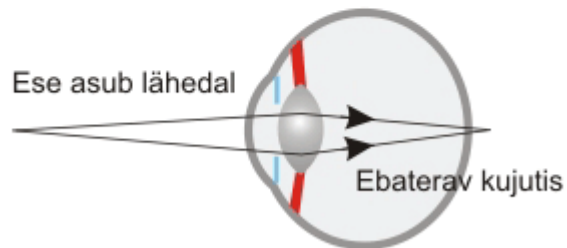
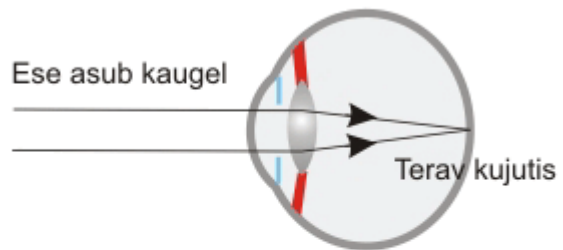
10

11

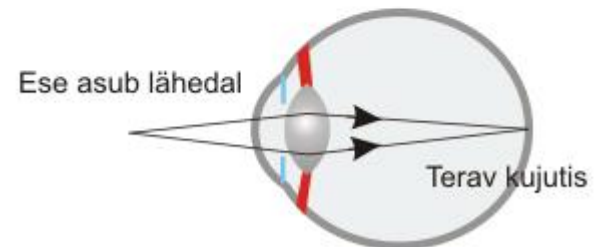
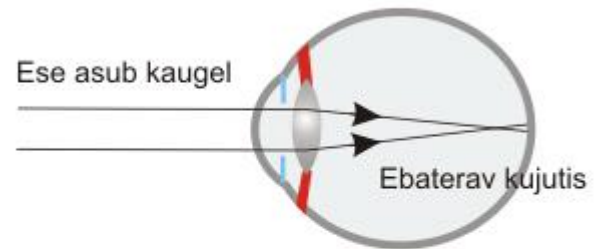


Nägemise teravus

Kaugnägelik silm



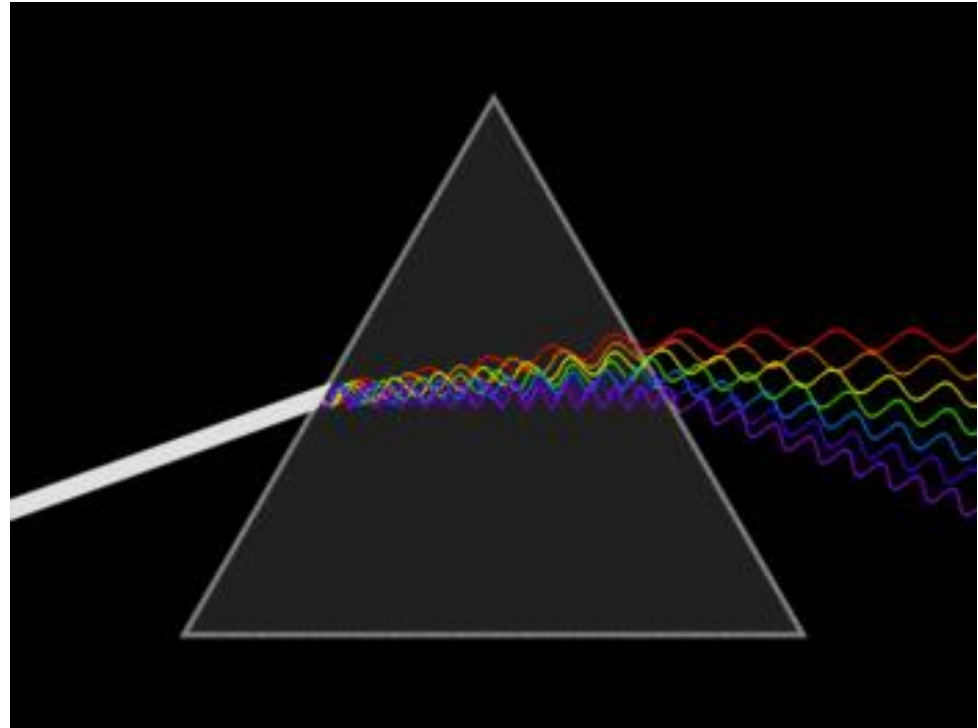
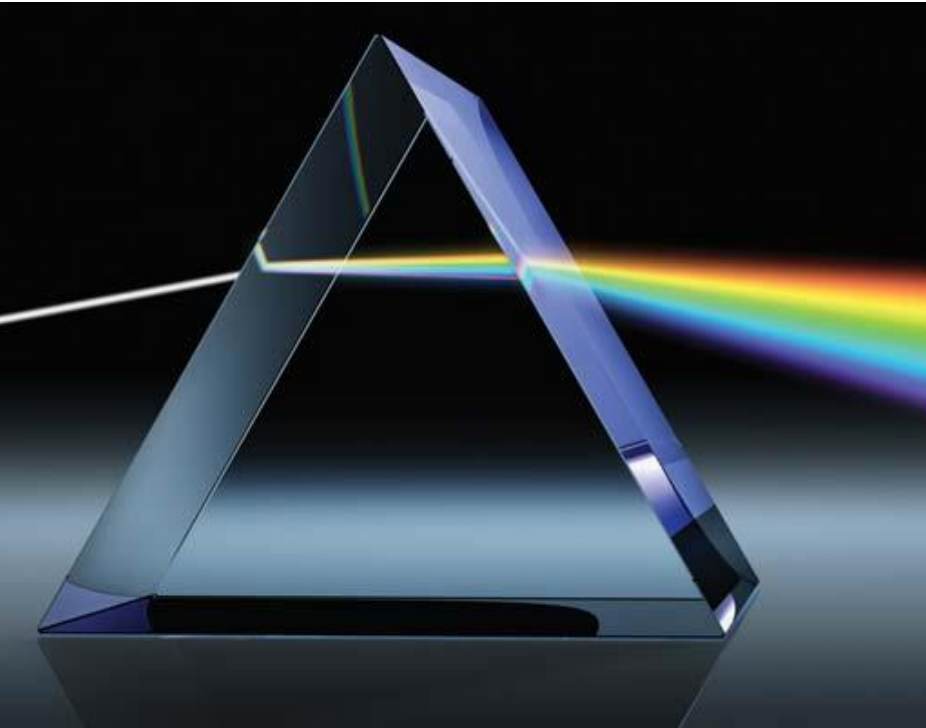
Lühinägelik silm



Valge valgus

- Valge valgus on liitvalgus, mis koosneb erineva lainepikkusega valgusest.
- Kui valge valgus läbib klaasprismat, siis valgus **murdub** prisma.
- Kui kõik värvi valgused murduksid prisma ühtemoodi, siis väljuks prismast samuti valge valgus. Tegelikult aga väljub klaasprismast valgus, mis on lahutatud värvilisteks valgusteks

Valguse dispersioon



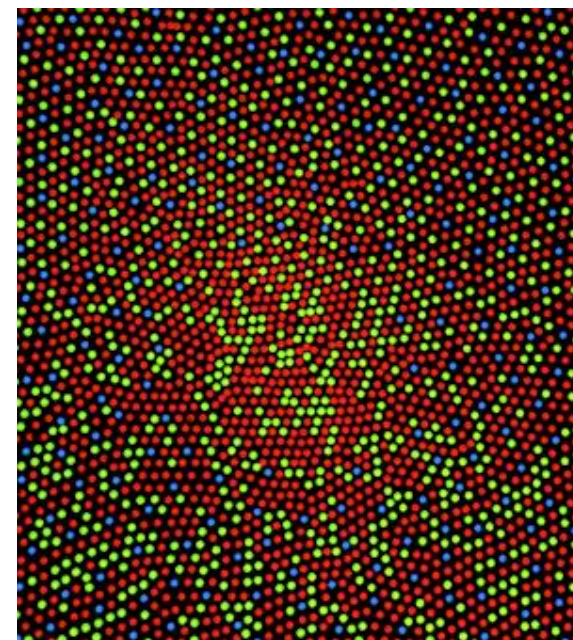
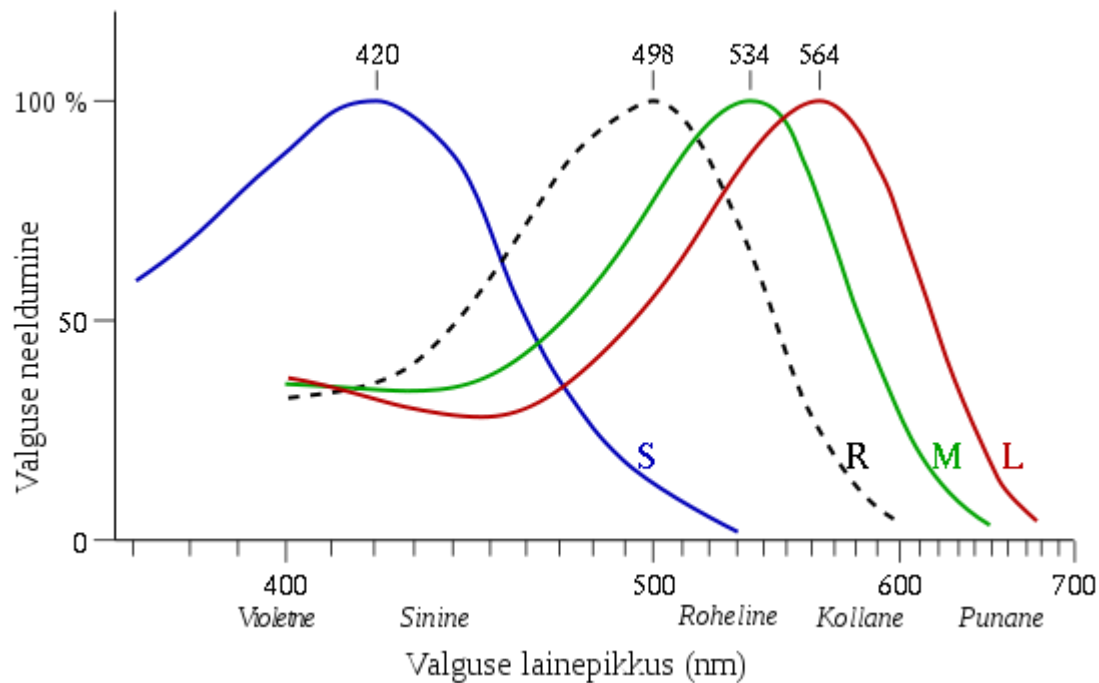
Kui panna prismast väljunud valguse ette ekraan, siis näeme ekraanil vikerkaarevärve - see on valguse **spekter**.
Erinevat värvi valgused murduvad natuke erinevalt – sõltuvalt lainepikkusest

Värvused

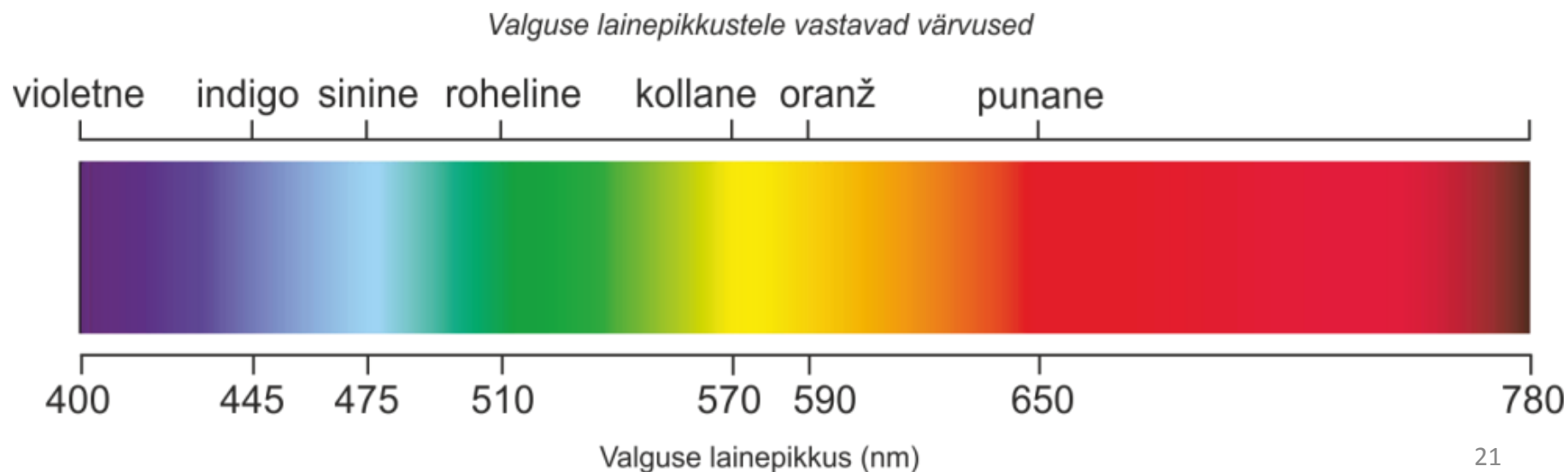
- Valgus tekitab silma sattudes **nägemisaistingu**. Me näeme värve tänu oma silmadele, mis suudavad eristada erineva **lainepikkusega** valguskiiri, mida meie näeme erinevate värvidena.
- Inimese silm suudab eristada umbes 7 miljonit erinevat värvitooni. Võrdluseks - arvutiekraanid suudavad esitada umbes 16,8 miljonit erinevat värvitooni, mis on tegelikult rohkem kui inimsilma jaoks vaja oleks.



Esimese uurimuse värvide nägemise teemal avaldas inglise keemik **John Dalton** aastal **1794**, kes hakkas värvipimedust uurima pärast seda, kui sai teada, et on ise värvipime ja ei suuda eristada punase ja roheline värvuse varjundeid - teised suutsid küpseid ja tooreid õunu välimuse järgi eristada, aga tema mitte. Värvipimedust nimetatakse selle teadlase järgi ka **daltonismiks**.



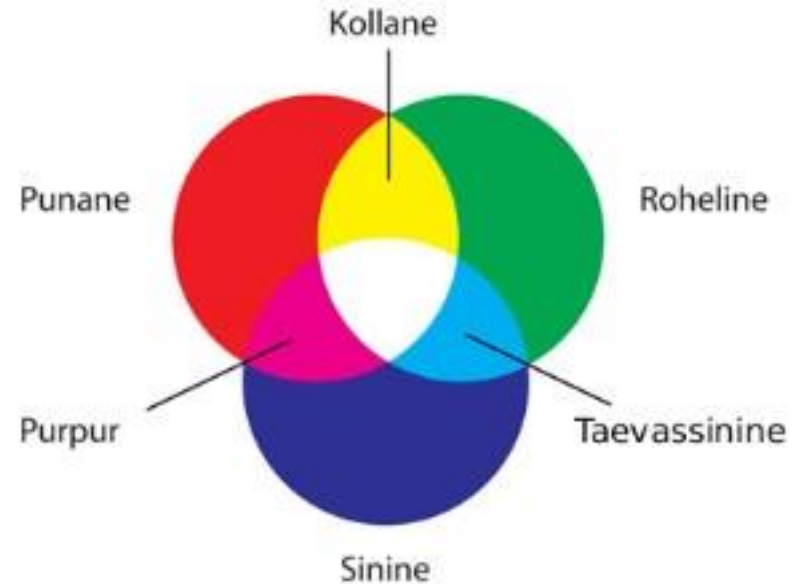
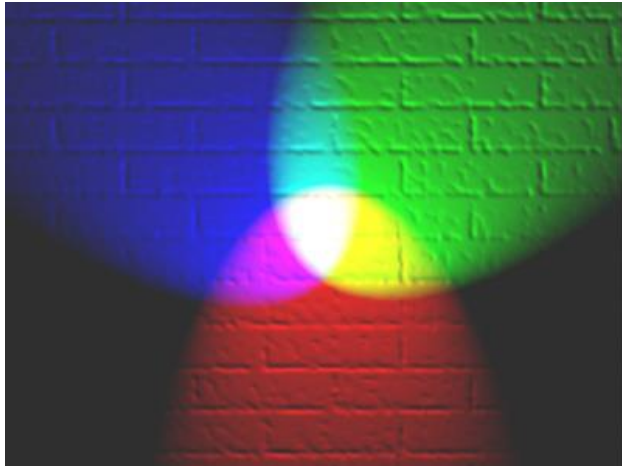
Mudel: kolvikesed võrkkestal
 Kolvikeste koguarv on 4,5-7
 miljonit



RGB mudel

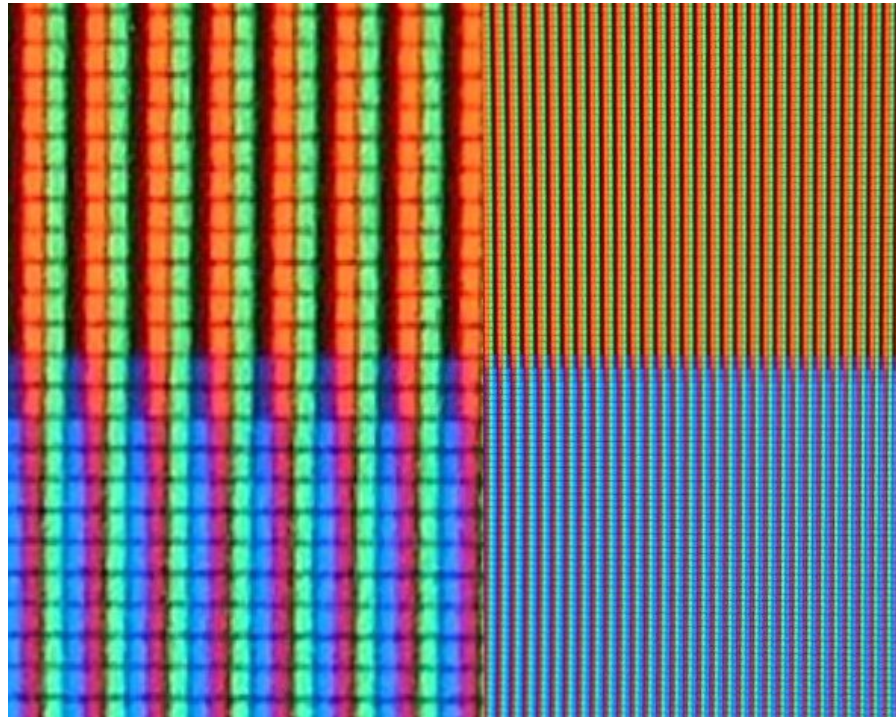
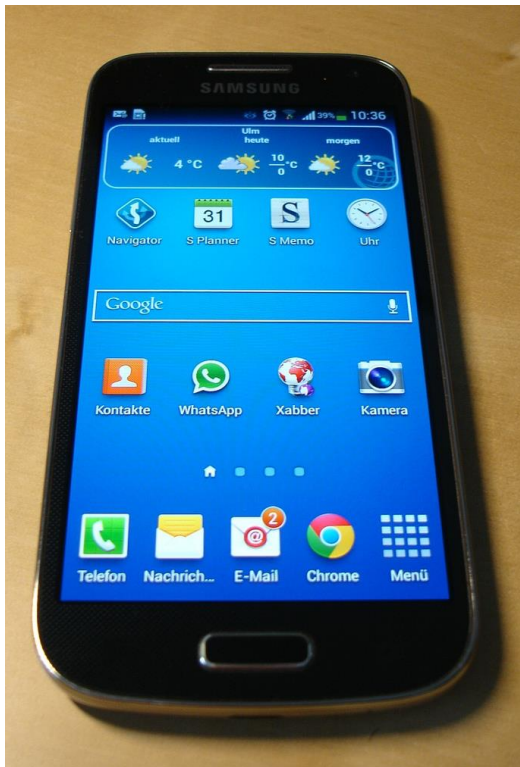
- RGB-mudel on liitvärvimudel, milles erinevaid värvitoone saadakse kolme põhivärvuse – **punane** (R, red), **roheline** (G, green) ja **sinine** (B, blue) liitumisel.
- **Aditiivse mudeli** korral tuleb värvusi ette kujutada kui (prožektorite) valgusvihkusi.
- RGB-mudel on tuletatud inimsilma omapärast, kus erinevad värvused kombineeritakse kolme tuvastatud lainepikkuse abil. RGB-mudeli põhivärvid on valitud selle järgi, et need annaksid silma jaoks võimalikult hea lainepikkuste eristamise aistingu.

RGB mudel



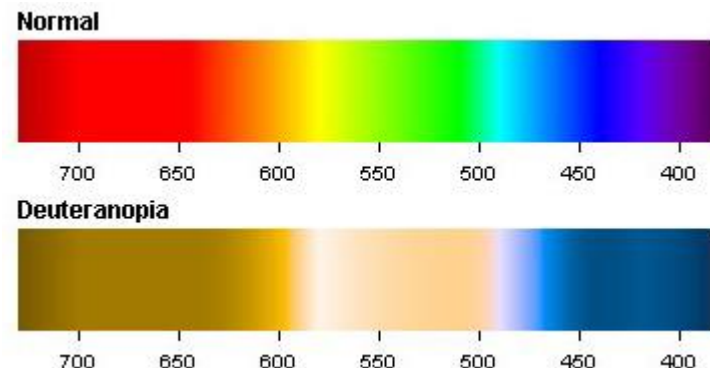
- Kolme põhivärvuse intensiivsusi reguleerides saadakse kõik vahepealsed värvused.
- Kahe põhivärvusega valguse liitumisel saadakse lisavärvused:
 - punane + roheline = kollane
 - roheline + sinine = tsüaan (ehk taevasinine)
 - sinine + punane = magenta (ehk purpur)

RGB mudel



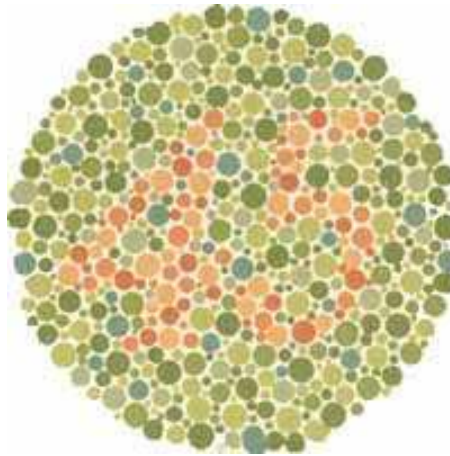
Värvipimedus – mis see on?

Nähtava valguse spekter
normaalse nägemisega inimese
puhul ja kahte värvi nägeva
(*deuteranoopia*) inimese puhul:



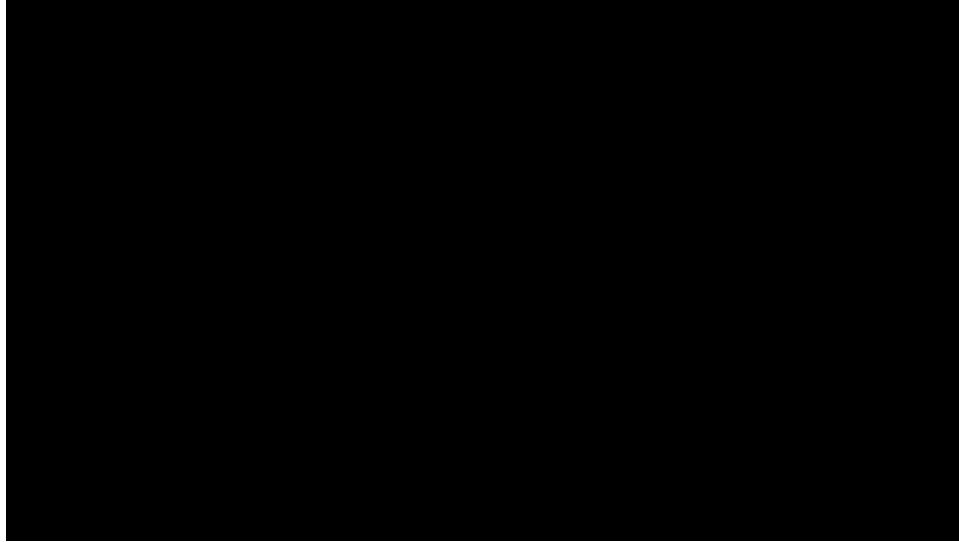
- Värvipimeda inimese silmapõhjas on kolvikese-kujulise retseptor-raku tüüpe vähem kui 3
- Mõnel üksikul inimesel võib aga esineda ka hoopis nelja tüüpi kolvikesi, nii et neil on neljavärvinägemine ehk *tetrakromaasia*.
- Loomadel võib värvuste nägemise ala olla palju laiem kui inimestel, osad liigid on kohastunud nägema ka ultravioletset ja infrapunast spektriosa.

Ishihara test



- Kasutatakse juba ligi sada aastat värvipimeduse testimiseks
- Kolmevärvinägemisega inimene eristab sellel pildil oranži numbrit "45" rohelisel taustal, kuid ühe- või kahevärvinägemisega inimene ei suuda neid värvusi eristada

Värvid värvilises valguses



Iga läbipaistmatu eseme pind, millele valgus langeb, **peegeldab** osa valgusest tagasi ja osa valgust **neeldub**. Erinevat värvi esemepeegeldavad ja neelavad erinevat värvi valgust. Punast värvi pinnad on sellepärast punased, et need peegeldavad punast valgust, kuid neelavad kõiki ülejäänud värvi valguseid.

<https://youtu.be/av0Cy7bOXMA>

Kasutatud allikad

Ettekandes on kasutatud TÜ teaduskooli kursuse „Füüsikalised nähtused ja katsed“ 2. teema „Valgusõpetus“ jaoks koostatud õppematerjale, jooniseid ja animatsioone (Ly Sõõrd, joonised ja animatsioonid slaidid 4, 5, 15, 16, 27).

Vaata lisaks ka: <https://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/24946/index.html>

- <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electromagneticwave3D.gif>
- By maxhurtz - created by me, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9930828>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Ishihara_test
- https://et.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetiline_kiirgus
- Pieter Claesz (1597–1660) "Vaikelu veiniklaasi ja hõbepeekriga" https://en.wikipedia.org/wiki/Pieter_Claesz
- POV-Ray Hall of Fame <http://hof.povray.org/>
Jaime Vives Piqueres (2002) "Klassikaline vaikelu õunte ja kaaluga
Jaime Vives Piqueres (2003) „Terrass“
- Earl53, Morguefile, <http://mrg.bz/R6ZsNE>
- By Ben Bogart - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=31009153>
- By Mark Fairchild, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=32075732>
- http://en.wikipedia.org/wiki/RGB_color_model
- <http://et.wikipedia.org/wiki/RGB>
- <https://et.wikipedia.org/wiki/Kolvikesed>
- <https://et.wikipedia.org/wiki/V%C3%A4rvipimedus>

Täna tähelepanu eest!

