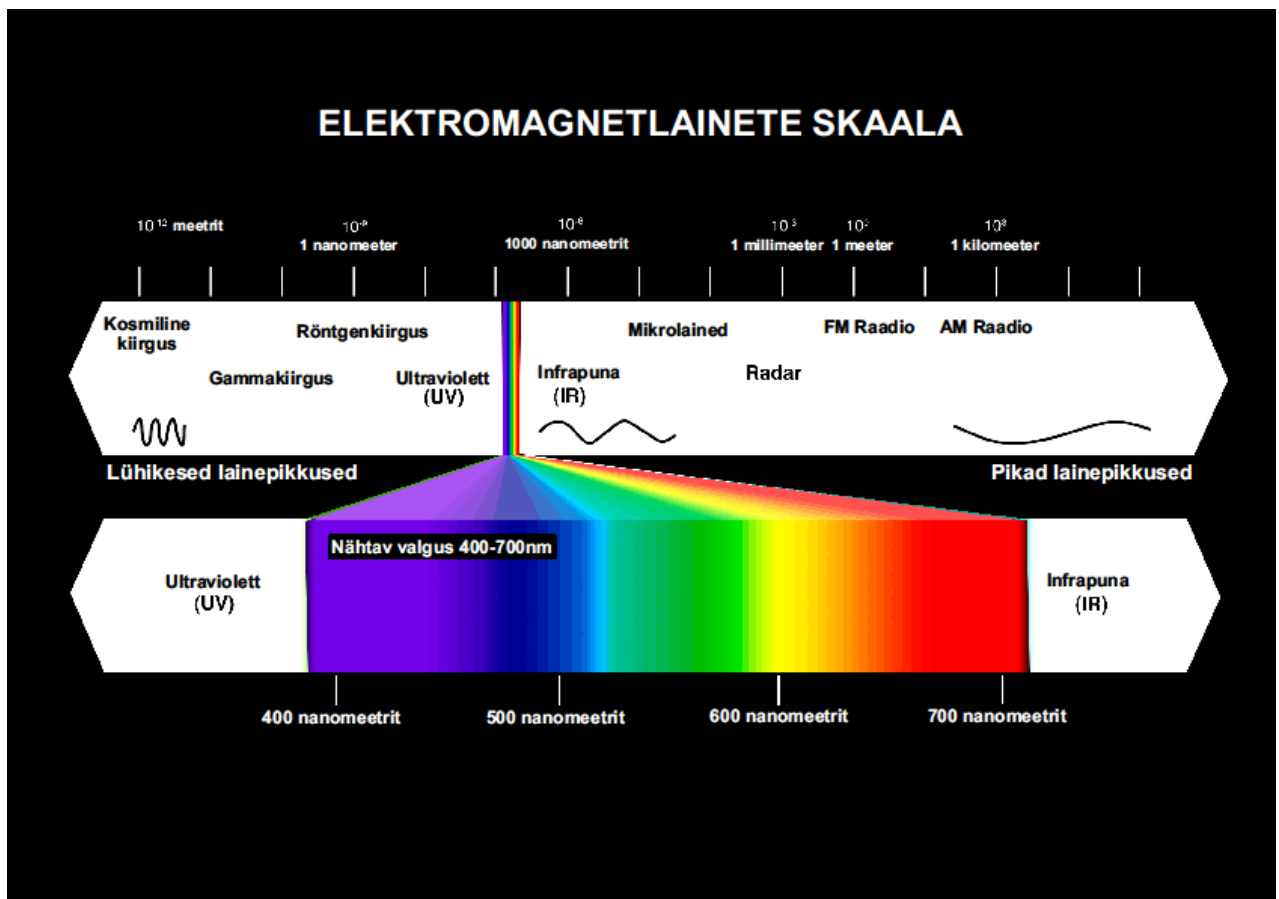
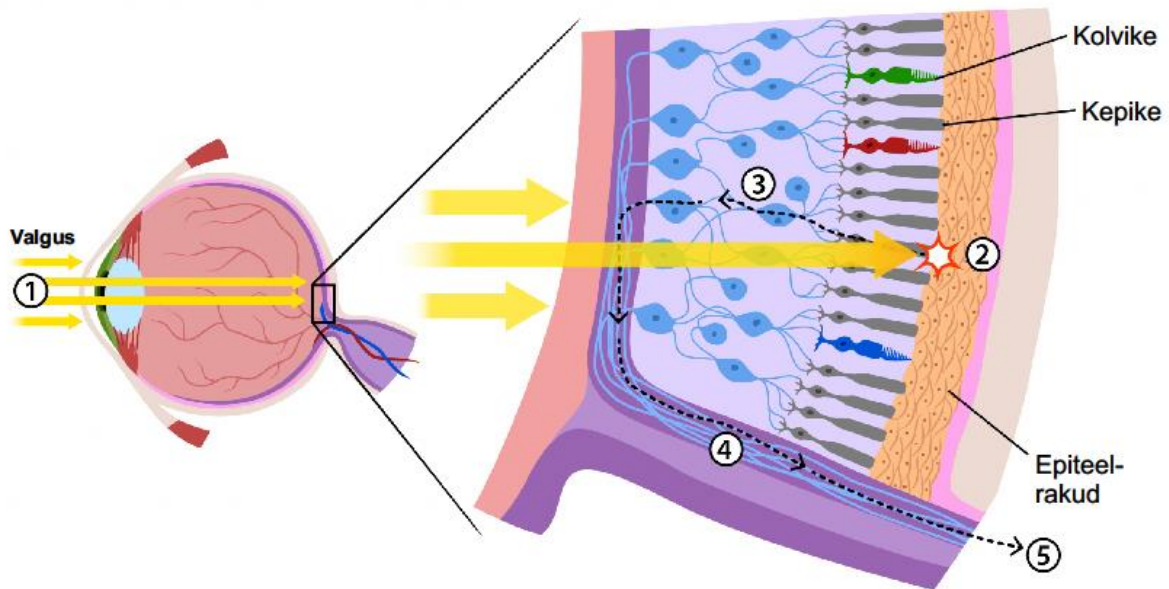


Kõigepealt väike meeldetuletus koolifüüsikast. Valgus on elektromagnetkiirgus, nagu ka raadiolained, mikrolained, infrapuna- ja UV-kiirgus, röntgen- ja gammakiirgus. Need kiirgused erinevad üksteisest vaid lainepikkuse (sageduse) poolest. Nähtav valgus hõlmab sagedusala 380 kuni 740 nanomeetrit (miljondikku millimeetrit), kusjuures spektri punases otsas on pikemad lained, sinises otsas lühemad. Selliseid spektrivärve nimetatakse ka monokromaatseteks, st. igale spektrivärvile vastab teatud kindel lainepikkus. Valgust, milles on esindatud kõik spektrivärvid, tajume me valgena.

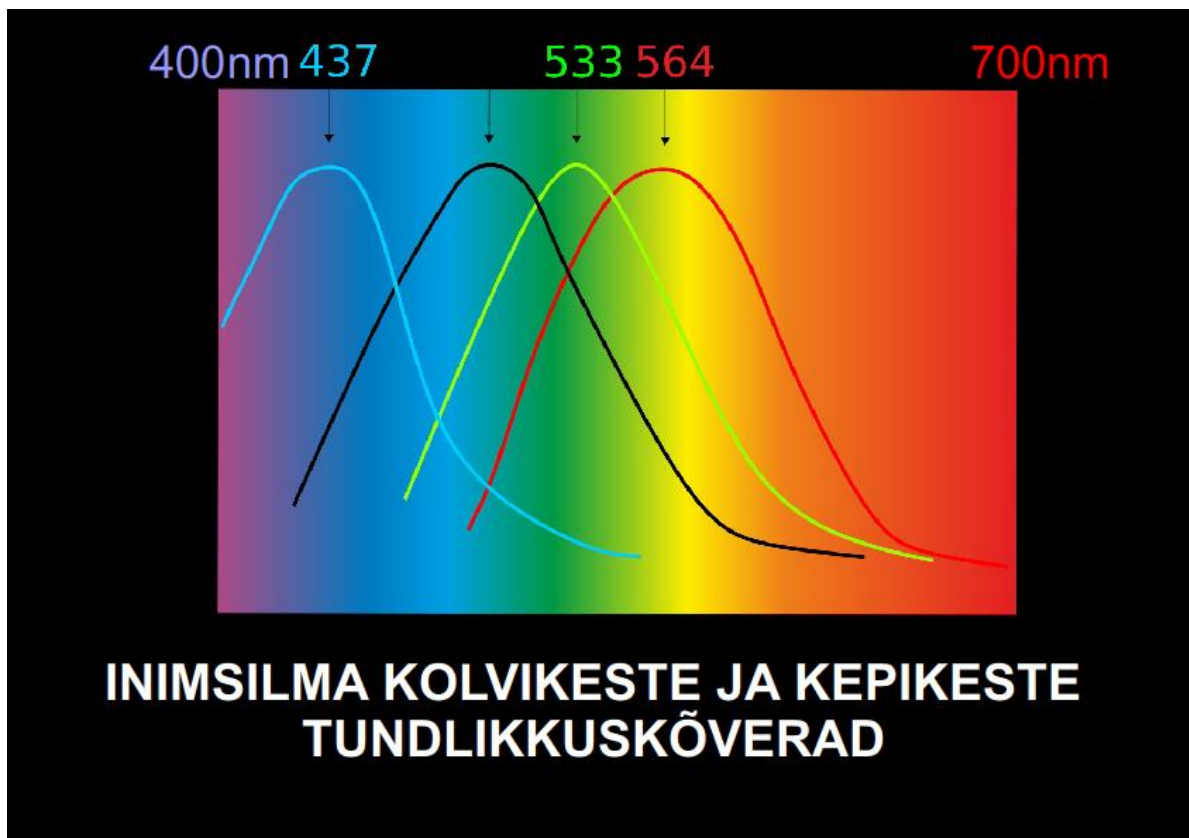


Nüüd aga pisut laiendatud meeldetuletus bioloogiatunnist. Vaatleme lähemalt, kuidas inimese silmas värvuste tajumine käib. Inimese (ja teiste imetajate) kaameratüüpi silmas langeb valgus läbi silmaava silma tagaseinas asuvale võrkkestale, milles on nelja erinevat tüüpi valgustundlikke rakke ehk fotoretseptoreid. Kepprakud ehk kepikesed tajuvad ainult valguse heledust, värvitaju seisukohalt on olulised kolme eri tüüpi koonusrakud ehk kolvikesed.

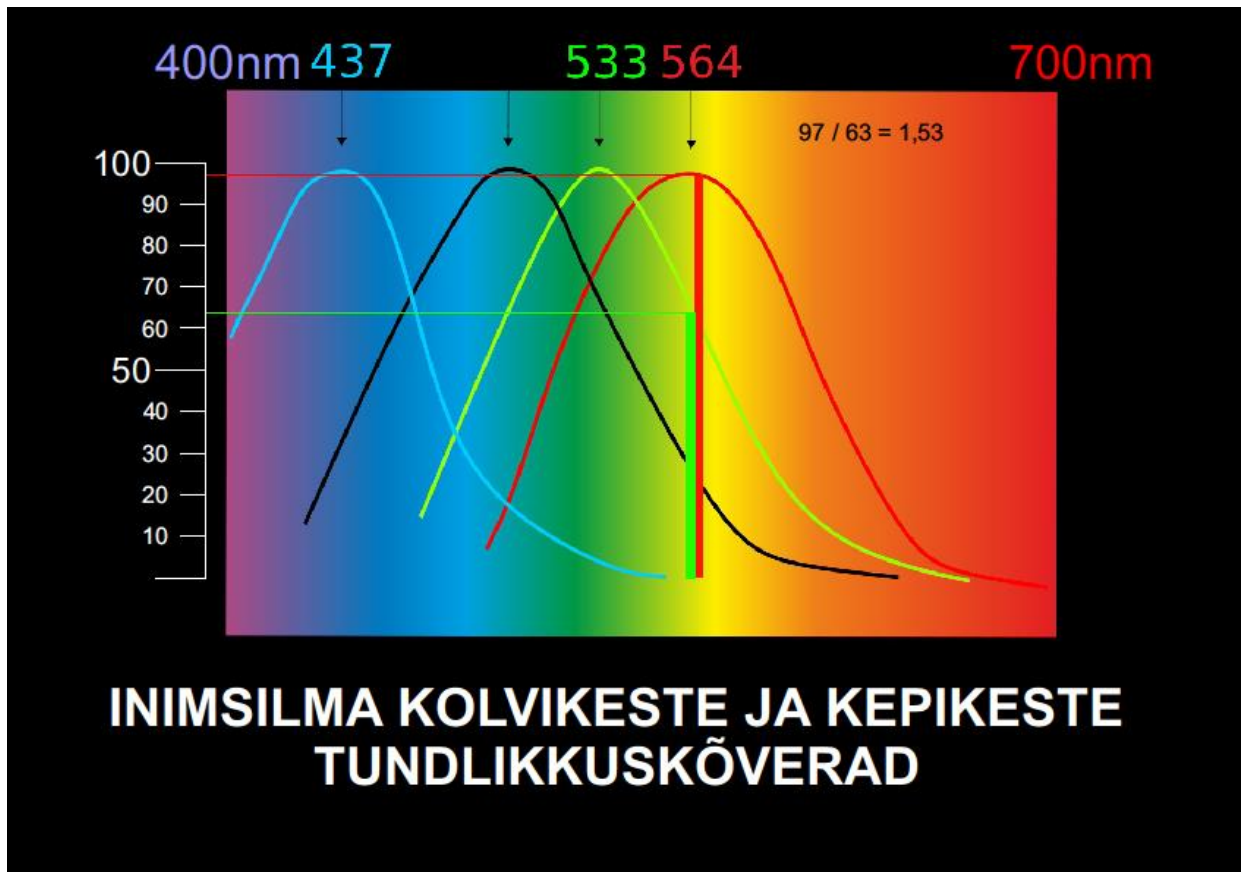
INIMSILMA EHITUS



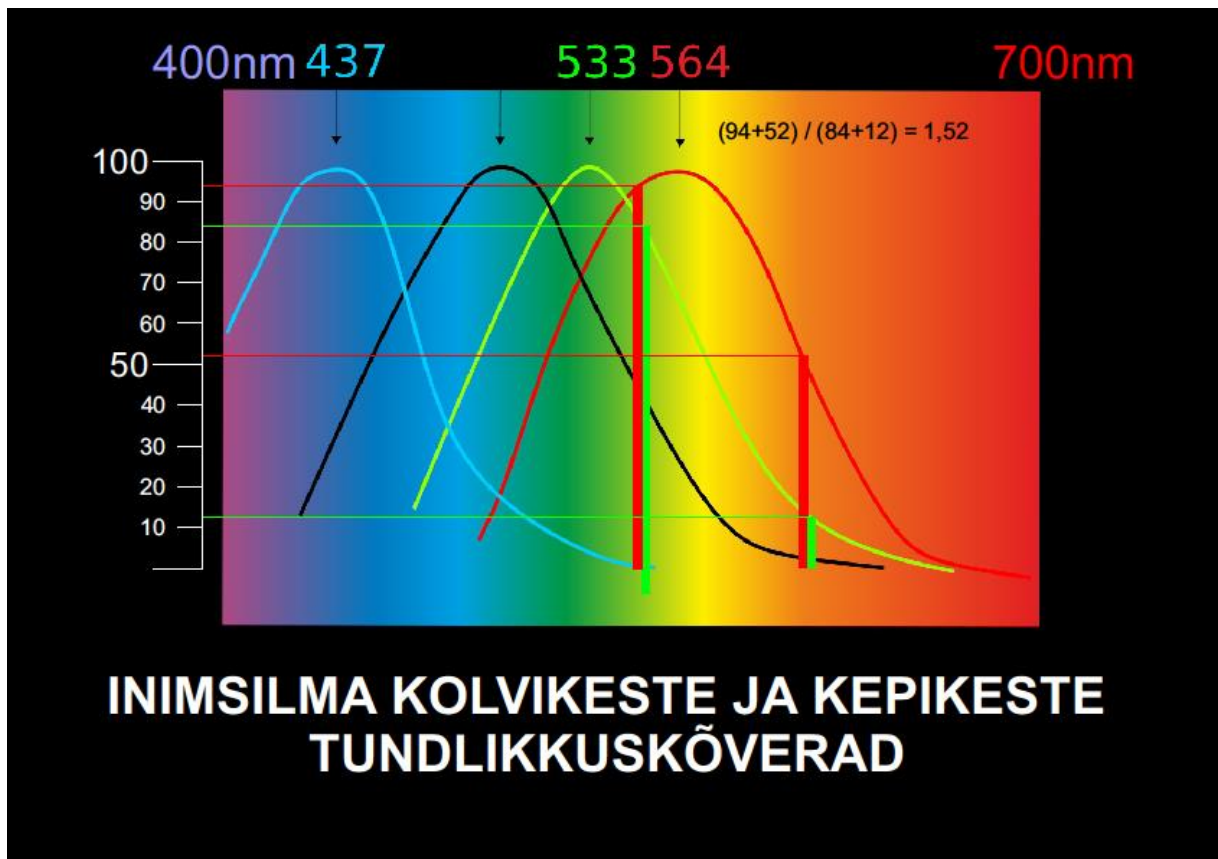
Iga kolvikesetüüp reageerib erinevale valguse lainepikkuste vahemikule ja seepärast nimetatakse inimese värvinägemist kolmekomponendiliseks e. trikromaatiliseks.



Nagu jooniselt näha, on kolvikeste tundlikkuskõverad üsna laiad ja suures osas kattuvad, mis tähendab, et isegi monokromaatiline spektrivärv annab aistingut eri tüüpi rakkudes. Näiteks kollakasroheline värv stimuleerib praktiliselt võrdselt nii rohelisele kui punasele tundlikke rakke. Värviaistingud saadetakse mööda närve aju, kus võrreldakse eri aistingute omavahelist suhet ja pannakse neist vastav värv kokku. On aga täiesti võimalik, et erinevate lainepikkustega valgusele tekib silmas praktiliselt ühesuguse aisting.

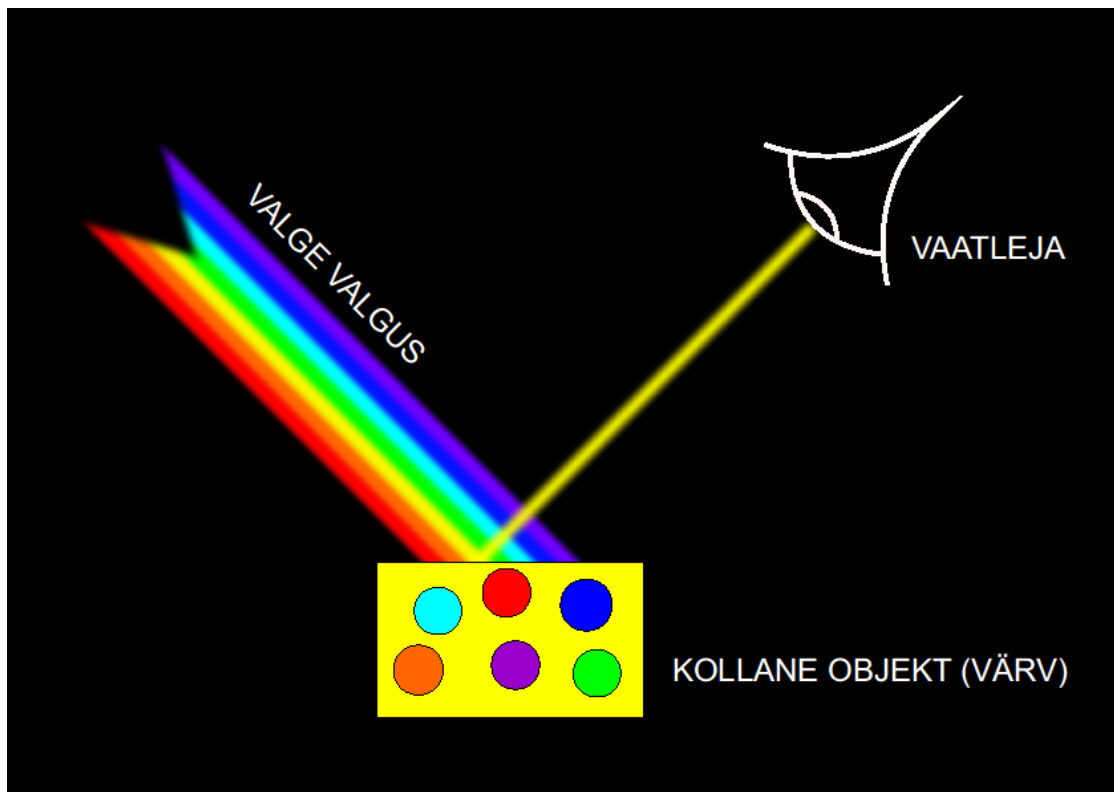


Näiteks joonisel tabab silma kollane valgus, mis stimuleerib punasele tundlikke kolvikesi 95 ühikuga ja rohelisele tundlikke 63 ühikuga. nende omavaheline suhe on 1,53.

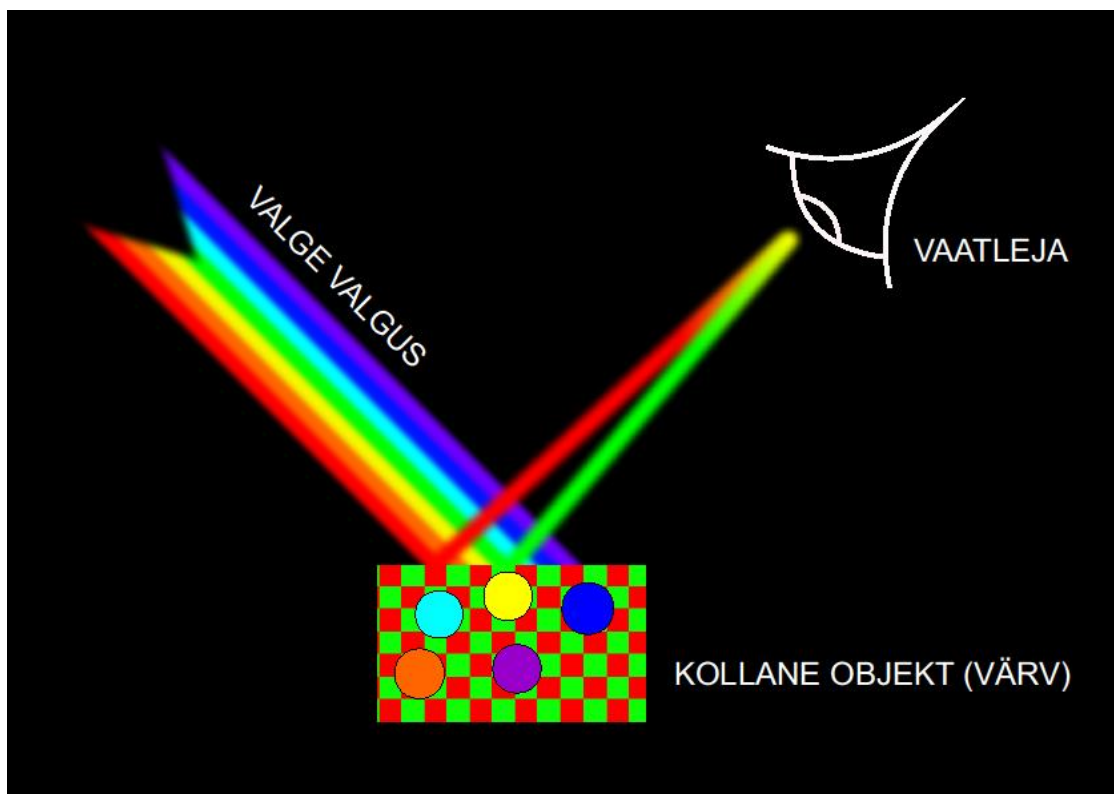


Joonisel Y aga tabab silma kaks erineva lainepikkusega valgust - roheline ja punane. Punasele tundlikke kolvikesi stimuleeritakse 94+52 ühikuga, rohelisele tundlikke 84+12 ühikuga. Omavaheline suhe on aga $146/96 = 1,52$ ehk praktiliselt sama. Nagu näeme, toodab aju kahest täiesti erinevast olukorrast sama tulemuse - kollase. Sellist nähtust nimetatakse metamerismiks. Peab muidugi arvestama, et selle nähtuse tekkeks peavad eri lainepikkusega valgusallikad asetsema väga lähedastikku st. eri värvi valgus peab tabama täpselt samu kolvikesi, ühte toanurka punast ja teise rohelist lampi paigaldades me ju toa keskel kollast lampi ei näe. Lisaks on välja uuritud, et monokromaatseid ehk spektrivärve eristab inimsilm vaid 150-200, kuid kokku erinevaid värvitoone eri hinnangutel 1 kuni 10 miljonit. Seega enamik meie poolt tajutavaid värve on paljude erinevate lainepikkustega kiirguste segu.

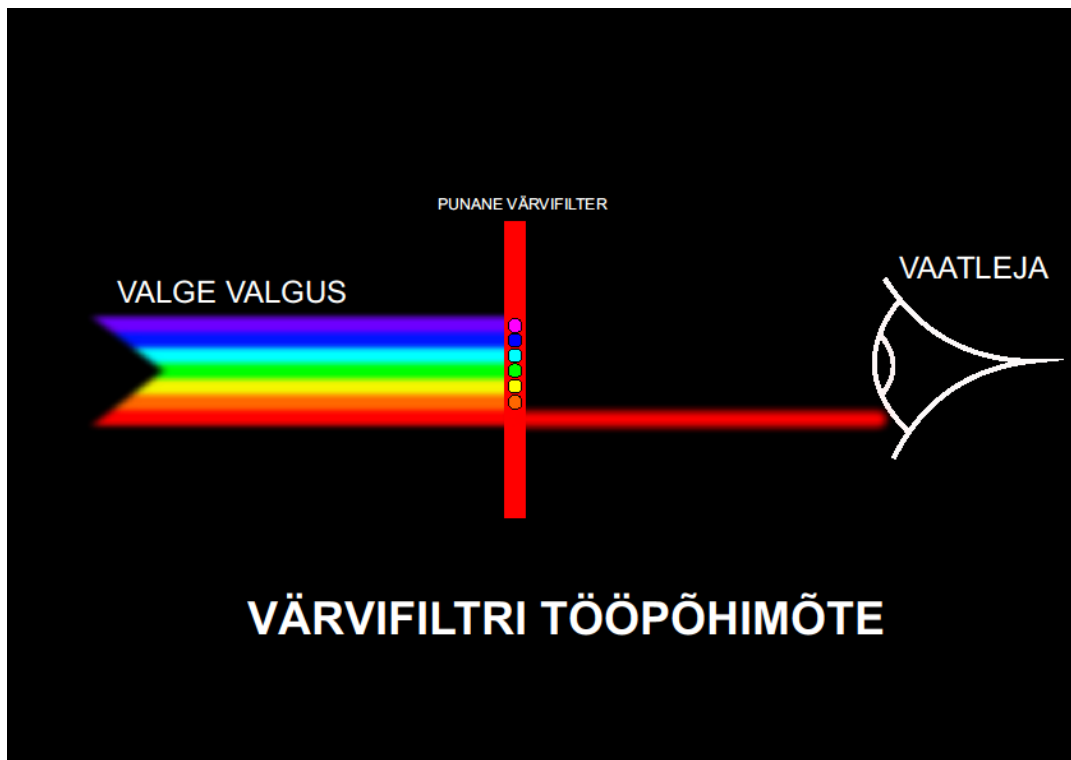
Järgmiseks vaatame, miks siis ikkagi valge valgusallika valguses maailm meile värviline näib. Nimelt ei peegelda meid ümbritsevad objektid valgust tagasi sugugi ühtemoodi. Mõne lainepikkusega valgus peegeldub paremini, mõne lainepikkusega valgus halvemini, mõne lainepikkusega valgus neeldub sootuks. Nagu arvata võib, peegeldavad neile langevat valgust tagasi kõige paremini valget värvi objektid (kui peegelpind välja jätta, mis otseselt mingit värvi ei ole) ja kõige halvemini ehk peaaegu üldse mitte, musta värvi objektid. Kõik hallides toonides objektid peegeldavad küll tagasi kõik neile langevad valguse lainepikkused, kuid osa valguskiirgusest neis objektides siiski ka neeldub (mida tumedam hall, seda suurem osa).



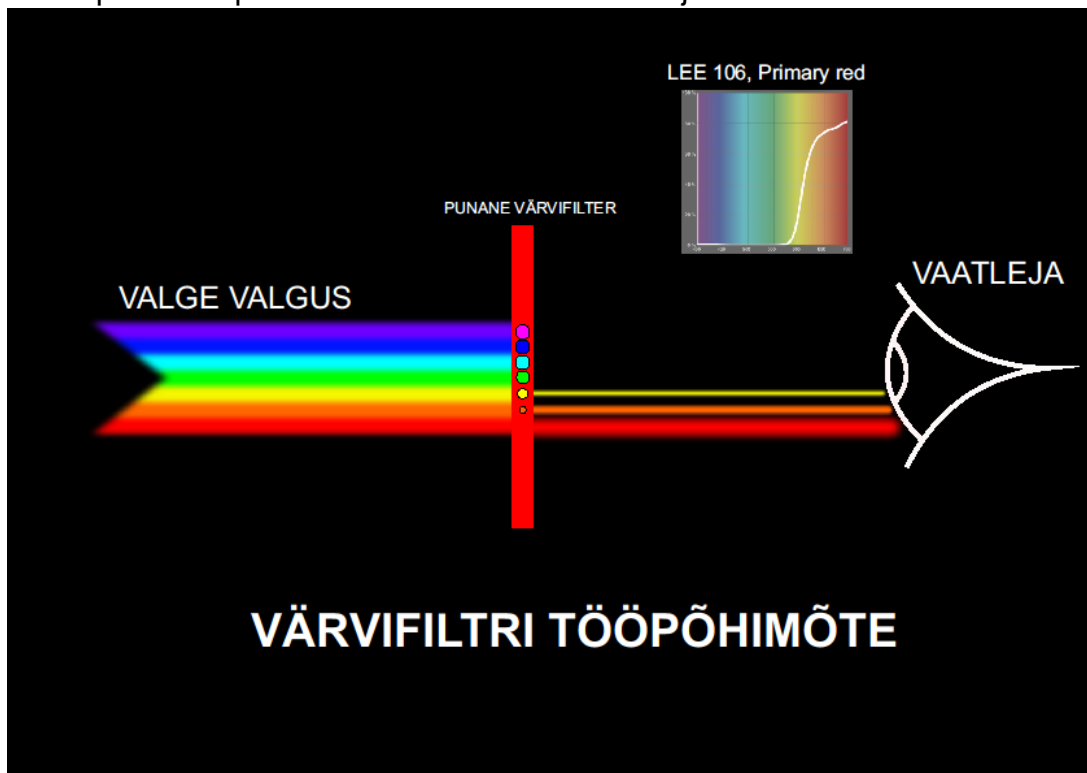
Joonisel näemegi, et meile kollasena tunduv objekt peegeldab tagasi kollase kiirguse, kuid neelab kõik ülejäänud. Eelpoolmainitud metamerisminähtuse tõttu tundub objekt meile kollane ka siis, kui ta peegeldab küll tagasi rohelist ja punast valgust, kuid kollast tegelikult mitte.



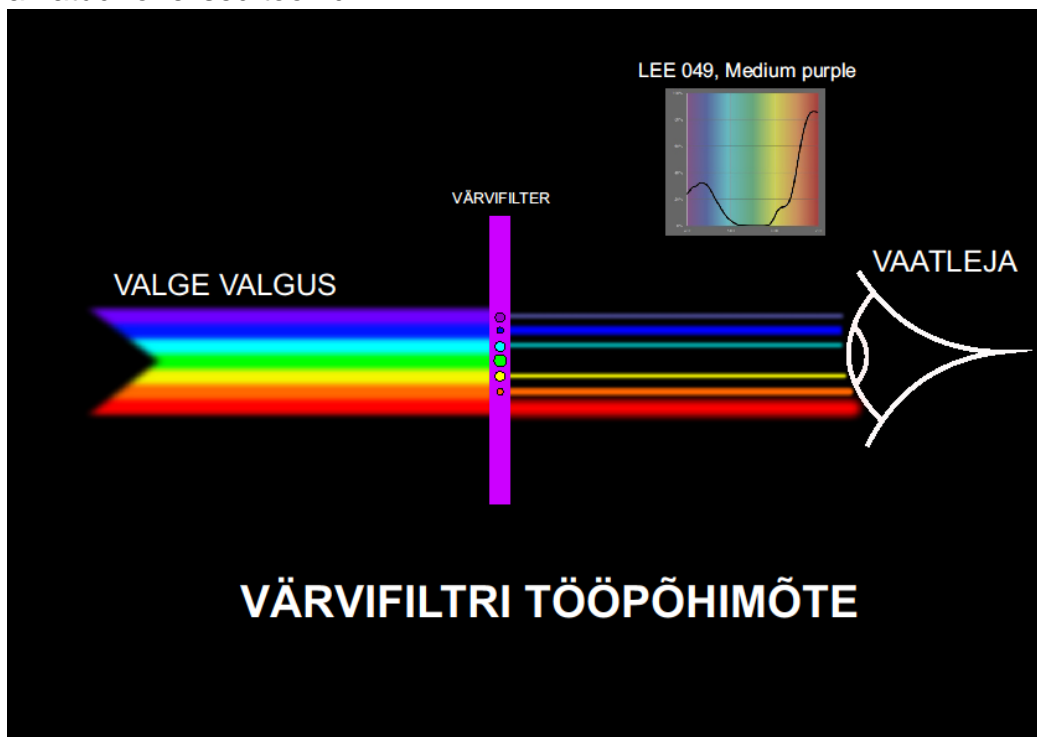
Värvifiltri tööpõhimõte aga seisneb selles, et see laseb läbi meile vajaliku lainepikkusega kiirguse, kuid neelab (klaasist nn „dichroic“ filtri korral siiski peamiselt peegeldab tagasi) kõik ülejäänud lainepikkustega kiirgused.



Tegelikkuses muidugi filtris valgest valgusest päris monokromaatilist valgust ei tehta. Joonisel näemegi punast värvifiltrit LEE 106 iseloomustavat graafikut, mis näitab, et lisaks punasele pääsevad filtrist läbi ka oranžid ja kollasedki toonid.



Joonisel näeme, et purpurtooni värvifilter laseb mingil määral läbi kõiki värvusi, välja arvatud rohelised toonid.



Järgnevalt sellest, kuidas siis valgustehnilistes seadetes värvilisi valguskiiri tekitatakse. Ajalooliselt muidugi asetatakse valge valgusallikaga (hõõglambiga) prožektorite tee eelpoolvaadeldud värvusfilter, mille vahetamine pole küll mugavamate killast, eriti kui prožektor juhtub kõrgel lae all olema. Järgmine samm oli nn. "scroller", milles eri värvi kilefiltritest tehtud linti mootori abil prožektorite eest läbi liigutati.



Scrollerite puuduseks oli aeglane värvivahetus, värvivahetusega kaasnev müra, väike töökindlus ja värvide arvu piiratus. Koos liikuva kiirega valgustite (skannerite) turuletulekuga (1980 Vari-Lite, mille väljatöötamist toetas ansambel "Genesis", esimene masstootmises Coemar Robot 1986) ilmus ka järgmine samm motoriseeritud värvivahetuses - klaasfiltritega värviketaskas, mille abil sai valguskiire teele mootori abil erinevaid värvifiltreid ette keerata.



Vastupidiselt scrollerile oli värviketaskas kiire ja praktiliselt hääletu ning töökindel, kuid värvide arv jäi ikkagi piiratuks.

Selleks, et saada valgusseadmest palju rohkem erinevaid värvitoone ja võimaldada nendevahelist sujuvat üleminekut, võeti kasutusele värvisegamismeetod. Kuna selle meetodi kasutuselevõtu ajal olid seadmetes valgusallikateks valge valgusega lambid, hakati kasutama trükitehnikast tuttavat subtraktiivset ehk lahutavat värvimudelit. Selle värvimudeli kasutamise korral valgustehnikas asetatakse valguse teele vähem või rohkem ette kolme värvi värvifiltreid, millest igaüks eemaldab valgest valgusest teatud värvi kiirgust ja loob võimaluse suures hulgas erinevates värvitoonides valguse saamiseks. Need kolm värvi, mida eelnimetatud filtrisüsteemis kasutatakse on tsüaansinine, magenta ja kollane, ehk ingl. k. lühendatult CMY. Vaatame nüüd lähemalt, kuidas lahutav värvimudel töötab (joonis A). Iga filter laseb täielikult läbi oma värvuse ja blokeerib (lahutab valgest) täielikult oma vastandvärvuse. Samas laseb filter osaliselt läbi ringil oma naabriks olevad täiendvärvid:

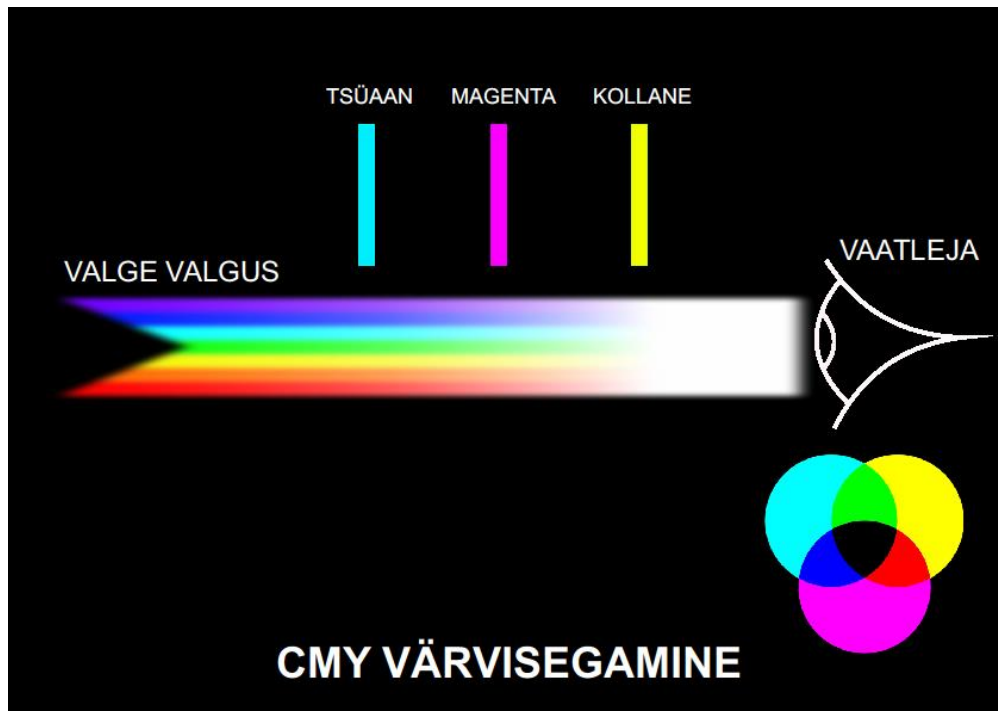
kollane- eemaldab sinise, laseb osaliselt läbi rohelise ja punase

tsüaansinine - eemaldab punase, laseb osaliselt läbi sinise ja rohelise

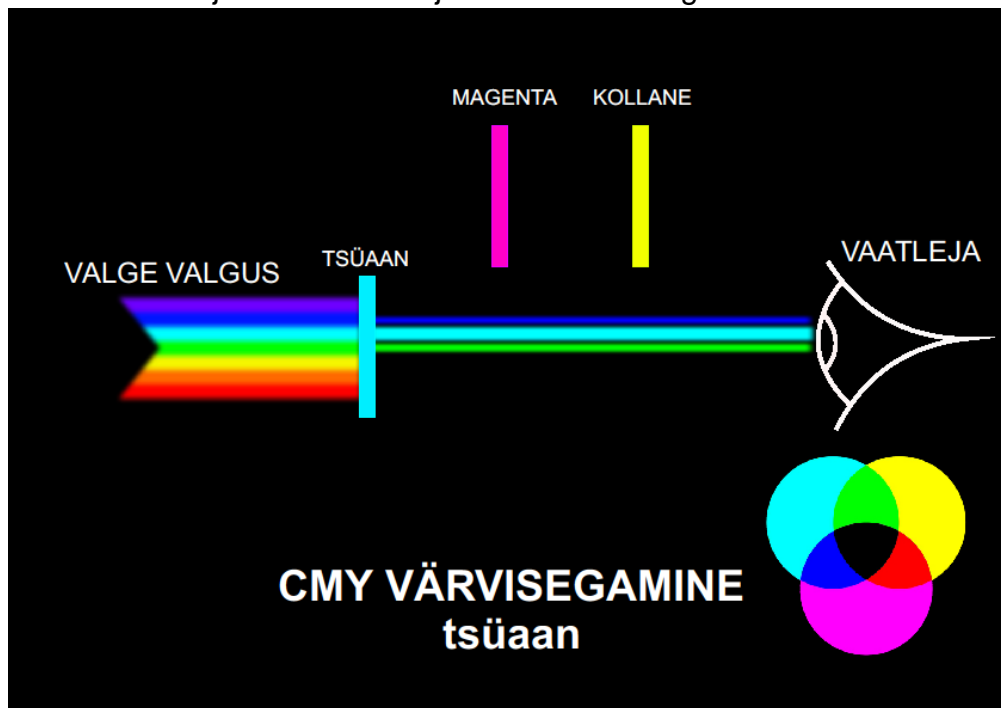
magenta - eemaldab roheline, laseb osaliselt läbi sinise ja punase

Praktikas näeb see välja järgnevalt:

1. Kui valguse teele ühtki filtrit pole asetatud, väljub seadmest valge valguskiir

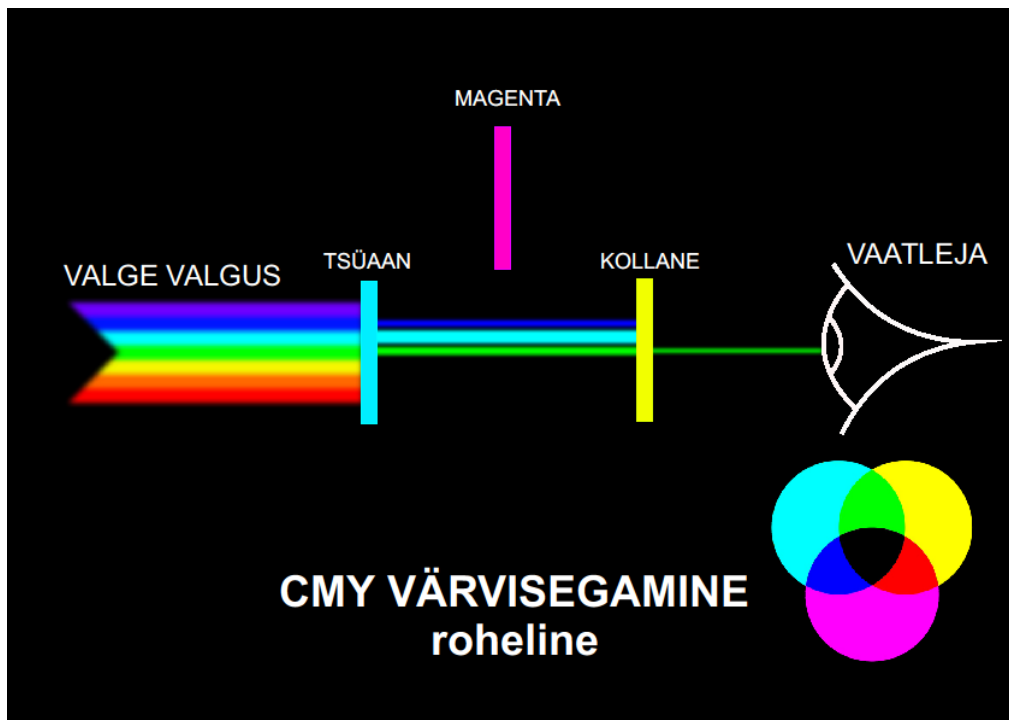


2. Kui asetame valguskiire teele tsüaansinise filtri, blokeeritakse filtris punased ja kollased toonid, täielikult läbib filtri tsüaansinine, osaliselt ka rohelised ja sinised toonid ja seadmest väljub helesinine valguskiir.

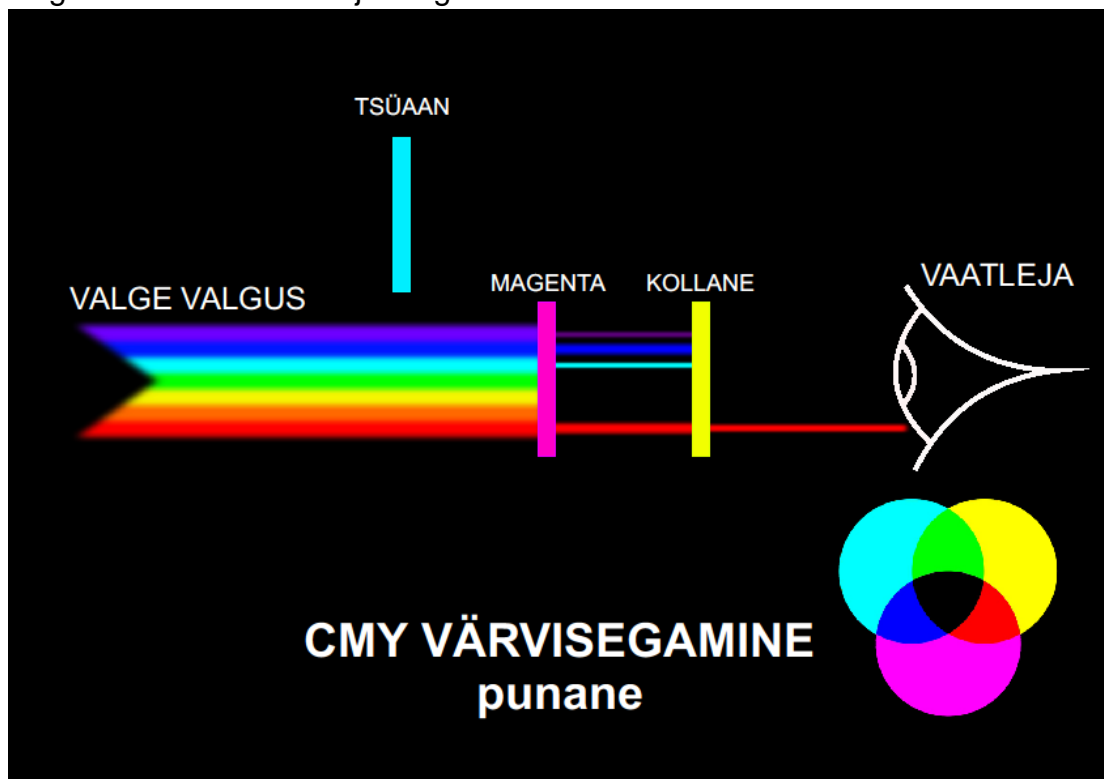


3. Asetades valguskiire teele lisaks tsüaansinisele ka kollase filtri, blokeeritakse selles filtris sinised toonid ja osaliselt läbib filtri vaid roheline valgus

(Meenutame, et punased ja kollased toonid olid juba varem blokeeritud tsüaansinise filtri poolt). Seadmest väljub roheline valguskiir.



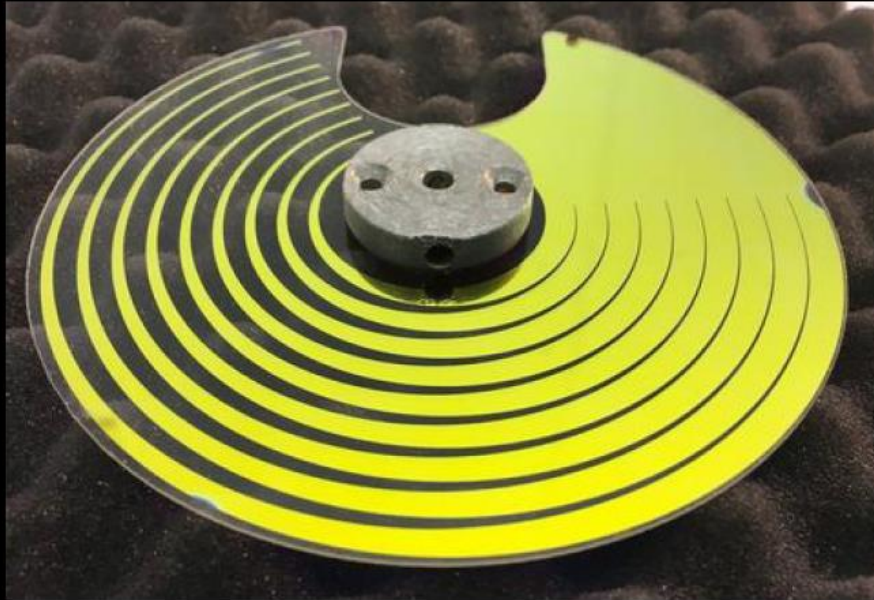
4. Kui soovime saada punast valgust, eemaldame tsüaansinise filtri ja asetame valguskiire teele kollase ja magenta filtri.



5. Kui asetame valguskiire teele kõik kolm filtrit, blokeeritakse kõik värvid ja seadmest valgust ei väljugi (must värvus).

Nagu varem mainitud, siis vähem või rohkem küllastunud värvitoonide saamiseks asetatakse valguskiire teele filter kas vähem või rohkem. Valgustehnilistes seadmetes kasutatakse filtri intensiivsuse reguleerimiseks näiteks järjest laienevate värvijoontega filtrikettaid.

TSÜAANSININE CMY SÜSTEEMI KETAS

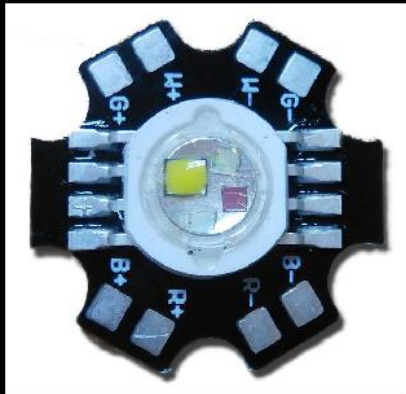


Joonisel ongi näha üks tsüaansinine ketas (kuigi ketta siniselt osalt peegelduv valgus on kollane). Pildil üleval olev väljalõike osa on valge valguse jaoks ja pöörates ketast päripäeva satuvad valguse teele järjest laiemad sinised osad ja järjest kitsamad läbipaistvad osad (joonisel tumedamad osad) kuni lõpuks on kogu valguskiir kaetud tsüaansinise filtriga. Lisaks ketaste süsteemile on kasutusel ka muid, näiteks „kardinate“ või „kirvestega“ süsteeme. Tänapäeva digitaaltehnik mõjutusel on iga värvi filtri reguleerimisel 256 sammu (0-255, 8 bitti, 2 astmel 8), mis annab kolme filtri korral värvitoonide arvu põhimõtteliselt võimalikuks ülempiiriks $256 \times 256 \times 256 = 16,7$ miljonit värvitooni. Meenutame, et inimsilm suudab parimal juhul eristada kuni 10 miljonit värvitooni, seega mõnede valgusseadmete poolt pakutav 16-bitine värvisegamissüsteem, ehk kokku 281 triljonit „värvitooni“ on käsitletav vaid müügitrikina.

Aga tagasi CMY süsteemi juurde. Kui panite tähele, siis oli mitmeid kordi kasutusel sõnaühend „osaliselt läbib filtri“, näiteks roheline valguskiire saamiseks läbib roheline valguskiirus osaliselt nii tsüaansinise kui kollase filtri. See tähendab aga seda, et seadmes oleva lambi poolt kiiratud roheline lainepikkusega kiirguse intensiivsus jääb iga filtri läbimisel väiksemaks ja seadmest väljub nõrgema intensiivsusega kiir. Eriti on seda märgata CMY süsteemi rohkem küllastunud tooni täiendvärvuste (punane, roheline, sinine) juures. See omakorda sunnib vajaliku väljundintensiivsuse saamiseks kasutama seadmetes võimsamat lampi, mis tähendab ka seadme suuremat energiatarvet, võimsamat jahutust ja suuremat müra. Ilusa küllastunud

punase rohelise ja sinise tooni saamine on CMY süsteemi abil on üldse võimatu ja tavaliselt kompenseeritakse seda seadmesse nendes toonides filtritega värviketta lisamisega, mis tähendab, et kuigi seade nendes värvides kiirt väljastab, ei ole võimalik nende värvide vahel sujuvalt üle minna.

VÕIMSAD RGB VALGUSDIOODID



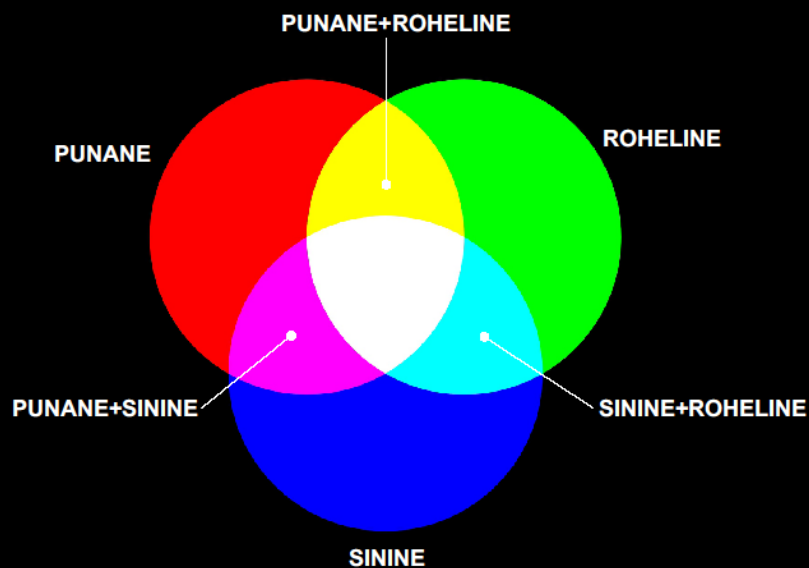
3W RGBW



250W RGB

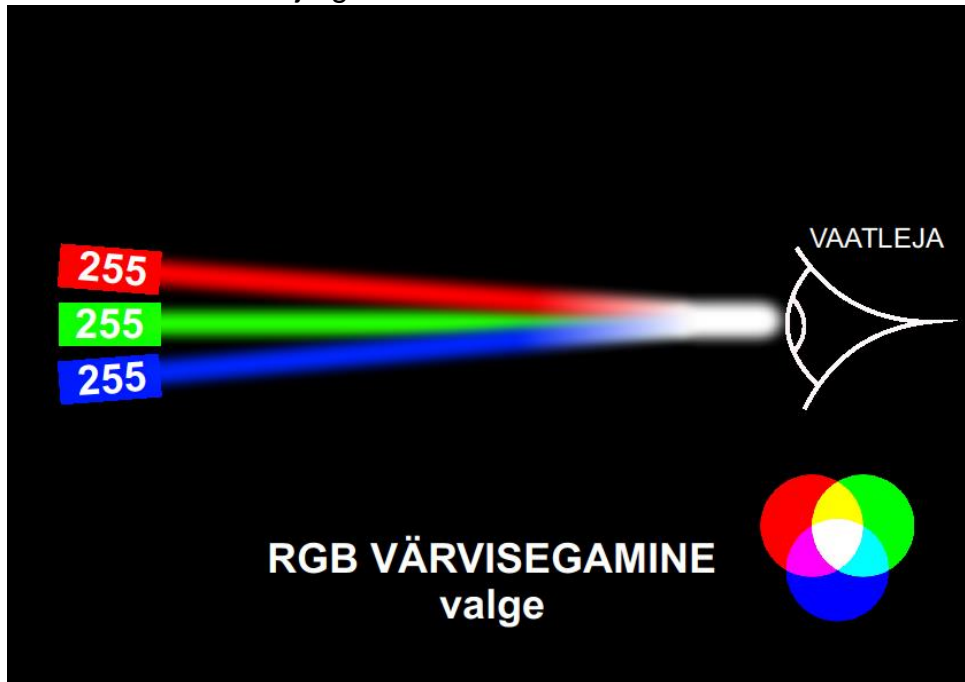
Kui seadmetesse jõudsid RGB LED'idega valgusallikad, võeti valgustehnikas kasutusele teleritest, arvutimonitoridest ja telefoniekraanidest tuttav aditiivne ehk liitev värvimudel.

LIITEV e. ADITIIVNE VÄRVISEGAMINE

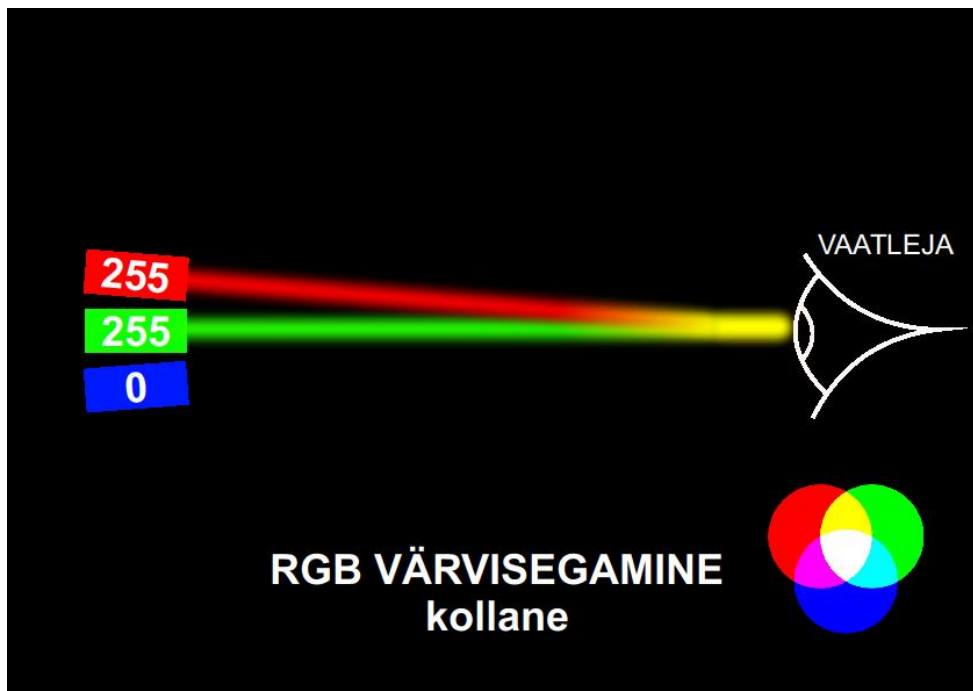


Selle süsteemi juures moodustatakse erinevad värvitoonid kolme põhivärvuse, punase, roheline ja sinise, liitmise teel. Värvuste liitumine toimub tegelikult meie aju, ning suurt rolli mängib siin eelpoolkäsitletud metamerisminähtus. Punane ja roheline annavad koosmõjus kollase valguse, punane ja sinine magenta ning sinine ja roheline helesinise. Kõik kolm põhivärvi koos annavad valge valguse.

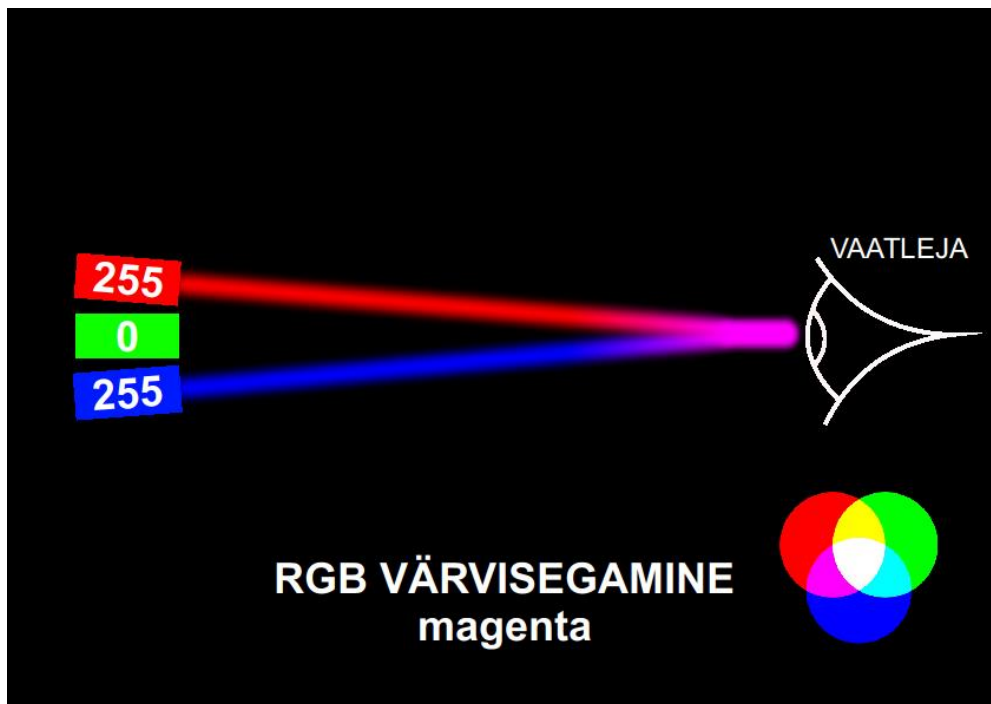
Paktikas töötab see järgmiselt:



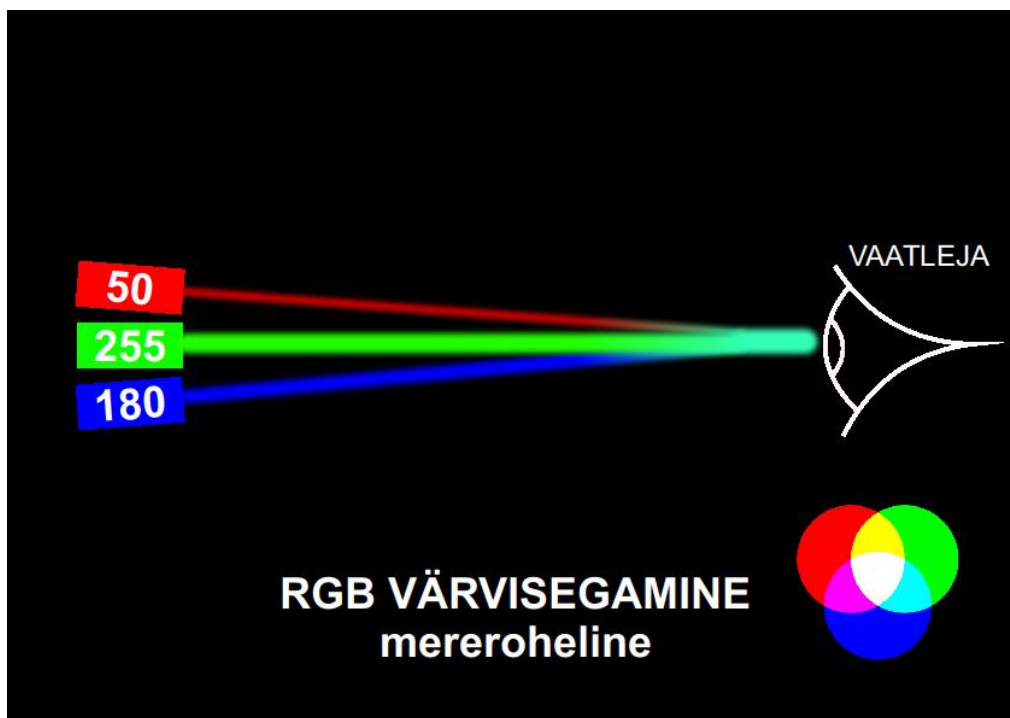
1. Kui punane roheline ja sinine LED töötavad kõik koos samal võimsusel, tajume me valget valgust.



2. Kui punane ja roheline LED töötavad võrdsel võimsusel ja sinine on välja lülitatud, tajume kollast valgust.



3. Kui punane ja sinine LED töötavad võrdsel võimsusel ja roheline LED on välja lülitatud, tajume purpurset (magenta) värvust.



4. Erinevate värvitoonide saamiseks reguleerime kõiki LED'e eraldi. Näiteks R50 G255 B180 annab meile mererohelisena tajutava valguse.

Ka hetkel, kui te pilti vaatate, moodustatakse näiteks kollane värv monitoris rohelise ja punase värvi liitmise teel.

Nagu CMY süsteemi filtrite puhul, muudetakse RGB süsteemi korral LED'ide heledust samuti 256-astmeliselt.

Aditiivse värvimudeli kasutamise suureks eeliseks on väiksem energiakulu, sest kogu valgus, mis LED'ide poolt tekitatakse ka seadmest väljub, midagi kusagil ei neeldu ega peegeldu tagasi. Ka on saadaval küllastunud punane, roheline ja sinine toon, millest CMY süsteemi juures puudust tundsite. Miinuseks võib lugeda halvemat värviedastust, kui pideva spektriga valgusallikatege seadmete puhul, kuna LED'ide kiirguskõverad on küllaltki kitsad (hea värviedastuse all peame silmas seda, et esemete värvid näiksid valgusseadme valguses samasugused kui näiteks päikesevalguses). Värviedastuse parandamiseks on enamasti lisatud seadmesse valge valgusega LED, millel on pidev spekter ehk lai kiirguskõver. Ka võib RGB seadmetel olla probleeme küllastunud kollaste toonide saamisega, seda kompenseeritakse punasele rohelisele ja sinisele LED'ile kuldkollase (amber) lisamisega.