



Co-funded by
the European Union

Regėjimo mechanizmas: nuo šviesos iki smegenų

DiFC – Palermo universitetas



BIOS4YOU
AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY

Project Number: KA220-BW-23-30-126516

"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them."





Turiny

1. Regėjimo mechanizmas: nuo šviesos iki smegenų	3
Regėjimo ir optikos biologija; signalo perdavimas; iš akies obuolio į regos žievę	3
2. Tyrinėjimas	6
Įsitraukimo etapas	6
Minčių generavimo veikla klasėje	7
Pagrindinis lygis	8
Regėjimo fizika ir optika	8
Nuo fizikos iki fiziologijos: fotoreceptoriai ir signalas.	9
Erdvinis pasiskirstymas ir regėjimo aštrumas	10
Nuo tinklainės iki smegenų: privalomi etapai	10
Nuo teorijos iki kasdinių daiktų.	11
Žiniatinklio ištekliai	11
Pažengęs lygis	11
Apverstas mokymasis:	12
3. Taikymas	12
Pagrindinis lygis	12
Pažengęs lygis	14
Veikla:	15
4. Literatūra	15
modulį <i>Error! Bookmark not defined.</i>	





Bendra mokymosi kelio tema	Regėjimo mechanizmas: nuo šviesos iki smegenų
Konkretus mokymosi vieneto pavadinimas	Regėjimo ir optikos biologija; signalo perdavimas; iš akies obuolio į regos žievę
Tikslinių vartotojų amžius	17–19 metų
Reikalavimai besimokančiajam	Pagrindinės biologijos (akies anatomija, nerviniai audiniai), fizikos (geometrinė optika: atspindys, refrakcija, fokusavimas) žinios ir įvadiniai elektrofiziologijos elementai.
Mokymosi vieneto aprašymas	Šis skyrius veda studentus ir mokytojus daugiadisciplininiu keliu, integruojančiu biologiją ir fiziką, siekiant suprasti, kaip nuo objektų atsispindinti šviesa yra sufokusuota tinklainėje, fotoreceptorių (kūgelių ir lazdelių) paverčiama elektriniais signalais ir perduodama regos nervu į žievės sritis, atsakingas už regėjimą. Skaitmeninių ir papildytosios realybės įrankių naudojimas skirtas kitaip nematomiems procesams (fotopigmentų aktyvavimui, nervinių signalų nukreipimui) padaryti matomiems, aiškiai ir laipsniškai susiejant anatomines struktūras su fiziniais principais.
Tema: Dalyvaujančios šalys	Biologija, Neuromokslas, Fizika (optika), Technologijos (vizualizacija/AR)
Raktiniai žodžiai	Regėjimas; Tinklainė; Kūgeliai ir lazdelės; Signalų perdavimas; Regos nervas; Refrakcija; Fokusavimas; Regos žievė; AR; Scenomis pagrįstas mokymasis
Pagrindinės kvalifikacijos, įgūdžiai ir žinios, kurias galima įgyti	Samprotavimas ir problemų sprendimas integruotų biofizikinių procesų srityje





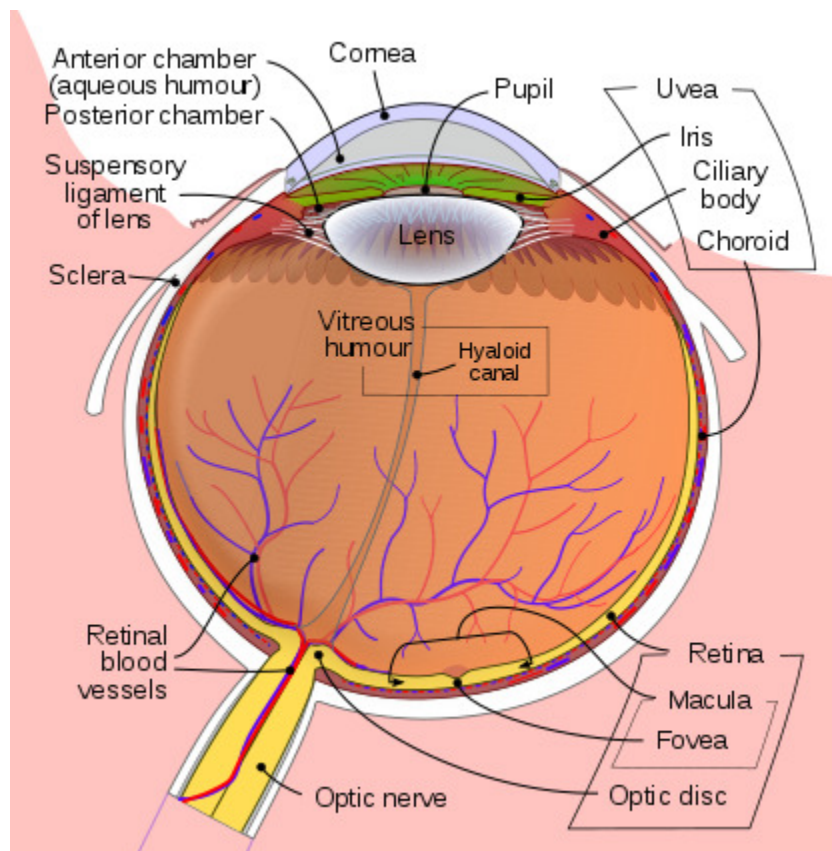
	• Dizaino mąstymas, taikomas nuosekliams ir vaizdiniais vaizdams (scenoms) • Praktinės žinios: geometrinė optika, akies anatomija, regos takai • Skaitmeniniai / AR įgūdžiai: 3D vizualizacija, informatyvūs perdengimai, scenų navigacija
Naudoti ištekliai ir didaktinės priemonės	AR platformos (pvz., „Delightex Studio – Spaces“, „Marker“), patikimi internetiniai ištekliai ir edukaciniai vaizdo įrašai, moksliniai straipsniai ir duomenų bazės; 3D modeliai (akies, tinklainės / fotoreceptorių, regos nervo) ir tekstinės pagrindinių duomenų perdangos.
Vertinimo kriterijai ir vertinimas	Žinių (optinių-biologinių-neuroninių sekų), įgūdžių (priežasties ir pasekmės ryšiai tarp optinių reiškinių ir biologinių reakcijų) ir kompetencijų (sąmoningas papildytosios realybės įrankių naudojimas, tarpdisciplininė integracija) vertinimas.

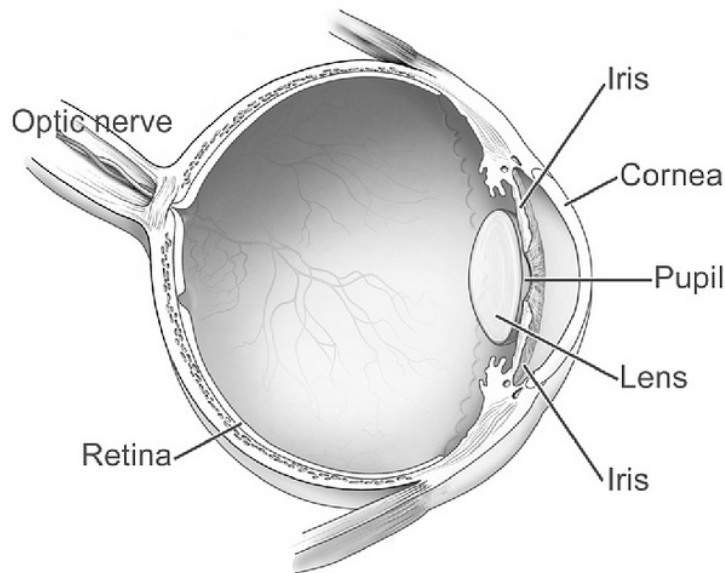


1. Regėjimo mechanizmas: nuo šviesos iki smegenų

Regėjimo ir optikos biologija; signalo perdavimas; iš akies obuolio į regos žievę

Regėjimas atsiranda dėl fizinių reiškinių ir biologinių procesų sankirtos. Nuo objektų atspindinti šviesa praeina pro skaidrią akies terpę, lūžta ir sufokusuojasi tinklainėje. Čia fotoreceptoriai šviesos energiją paverčia elektriniais signalais, kurie regos nervu keliauja į žievės sritis, atsakingas už vaizdo apdorojimą. Matymas nereikia pasyvaus vaizdo įrašymo, o jo rekonstravimo iš signalų, kuriuos smegenys interpretuoja ir integruoja.



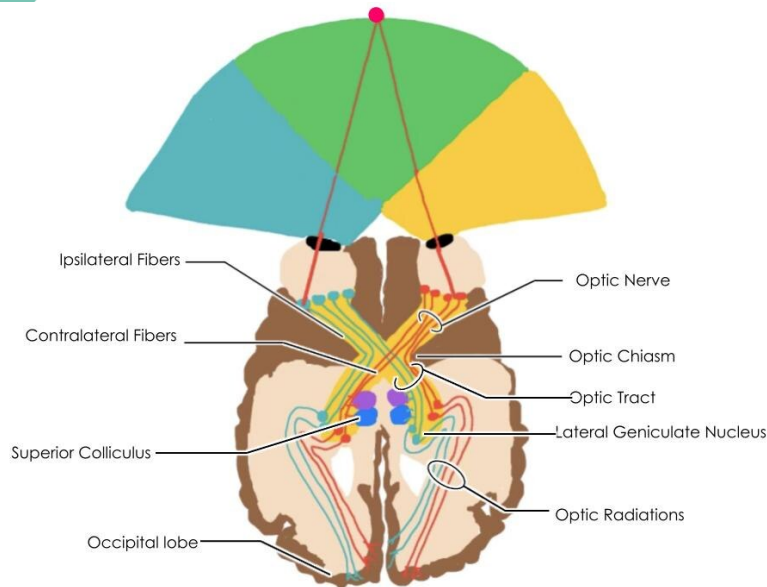


paviršių kreivumo ir akies terpės lūžio rodiklių. Geometriniai arba optiniai pokyčiai sukelia tokias būkles kaip trumparegystė arba toliaregystė, kai židinio taškas yra prieš tinklainės plokštumą arba už jos. Lęšiukas prisideda prie akomodacijos, šiek tiek keisdamas savo kreivumą, kad išlaikytų ryškumą skirtingais atstumais.

Tinklainė yra specializuotas nervinis audinys. Labai jautrios lazdelės palaiko regėjimą esant prastam apšvietimui; mažiau jautrios kūgeliai leidžia suvokti spalvas ir aiškiai matyti dienos šviesoje. Fototransdukcija prasideda, kai fotopigmentai sugeria fotonus ir sukelia biocheminę kaskadą, kuri moduliuoja fotoreceptorių ir vėlesnių tinklainės neuronų (bipolinių, ganglinių ir interneuronų) membranos potencialą.

Iš tinklainės ganglijų ląstelių aksonai sudaro regos nervą. Skaidulos iš dalies susikerta ties regos nervo chiasma, užtikrindamos, kad dešinįjį regėjimo lauką daugiausia apdoroja kairysis pusrutulio ir atvirkščiai. Signalas eina regos taku iki šoninio genikulatinio kūno (talamo) ir tada pasiekia pirminę regos žievę (V1), kur kartu su asociacinėmis sritimis jis analizuojamas ir integruojamas, siekiant išskirti tokias savybes kaip forma, gylis, judesys ir spalva.





Suvokimą veikia adaptacijos mechanizmai ir išvadų darymo procesai. Adaptacija leidžia regos sistemai išlaikyti jautrumą esant įvairiems šviesumo lygiams, o regos iliuzijos rodo, kad smegenys interpretuoja dirgiklius remdamosi kontekstu ir patirtimi, papildydamos dalinę informaciją, kad atkurtų darnią sceną.

Binokulinis regėjimas suteikia skirtumo požymių, būtinų gyliui įvertinti, o monokuliniai požymiai, tokie kaip santykinis dydis, perspektyva, uždengimas ir šešėliavimas, prisideda prie trimačio suvokimo net tada, kai naudojama tik viena akis.

Edukaciniu požiūriu labai svarbu išsiaiškinti įvykių seką: (1) šviesa sufokusuojama tinklainės plokštumoje; (2) fotoreceptoriai paverčia šviesą elektriniais signalais; (3) tinklainės tinklas iš anksto apdoroja signalą; (4) signalas keliauja regos nervu ir talamo stotimis; (5) regos žievė integruoja informaciją, kad sukurtų suvokiamąjį vaizdą. Šių veiksmų pateikimas tvarkingai padeda mokiniams susieti fizines priežastis ir biologinius padarinius.

Tikslingas skaitmeninių ir papildytos realybės įrankių naudojimas leidžia vizualizuoti kitaip nematomus procesus, tokius kaip šviesos kelias per akies terpę, fotoreceptorių aktyvacija ir signalų perdavimas regos takais. Vizualizacija kiekvienoje scenoje padeda suprasti anatominį struktūrą ir fizikinių principų ryšius.

Apmąstykite kartu.

Kodėl nematome, kai nėra šviesos? Kaip lęšiuko išlinkis ir akies terpės lūžio rodikliai veikia vaizdo ryškumą? Kiek žievės interpretacija prisideda prie mūsų spalvų ir judesio suvokimo? Šie klausimai padeda susieti stebimus reiškinius su pagrindiniais mechanizmais.



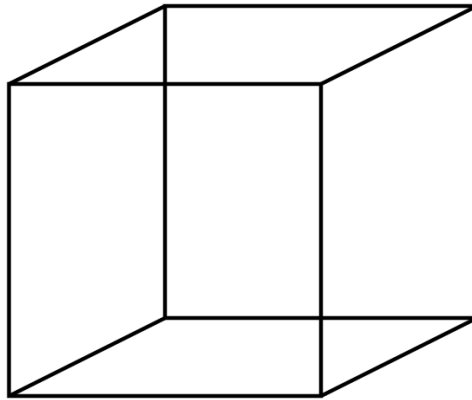


2. Tyrinėjimas

Ištraukimo etapas

Pagrindinis klausimas. *Ar matome akimis, ar smegenimis?*

Pamoka pradedama trumpu vaizdiniu stimuliu: paveikslėliu, kuriame tas pats paviršius atrodo turintis skirtingas spalvas, priklausomai nuo aplinkinio konteksto, arba ryškumo iliuzija. Tikslas nėra „apgauti“ mokinius, o supažindinti su mintimi, kad regėjimas nėra vien optinis įrašas – tai fizinių signalų, kuriuos atlieka biologinės struktūros, **interpretacija**.



Pradiniai stimulai (vaizdo įrašai ir trumpi ištekliai)

Kaip veikia akys – Nacionalinis akių institutas (NEI): aiški pagrindinių akies dalių ir šviesos kelio per akies terpę apžvalga.

<https://www.nei.nih.gov/learn-about-eye-health/healthy-vision/how-eyes-work>

Mūsų akys – mūsų regėjimas – mokslo mokymosi centras: prieinama nervinio kelio iš tinklainės → regos nervo → smegenų santrauka.

<https://www.sciencelearn.org.nz/resources/3006-our-eyes-our-vision>

PhET – Geometrinė optika (lęšiai/vaizdai): trumpas interaktyvus tyrimas apie refrakciją ir fokusavimą.

https://phet.colorado.edu/sims/html/geometric-optics/latest/geometric-optics_all.html

Ižanginė veikla (5–10 min.).

Greita optinės iliuzijos projekcija arba trumpas vaizdo klipas skatina mokinius paklausti: „*Kodėl matome tai, ko nėra?*“

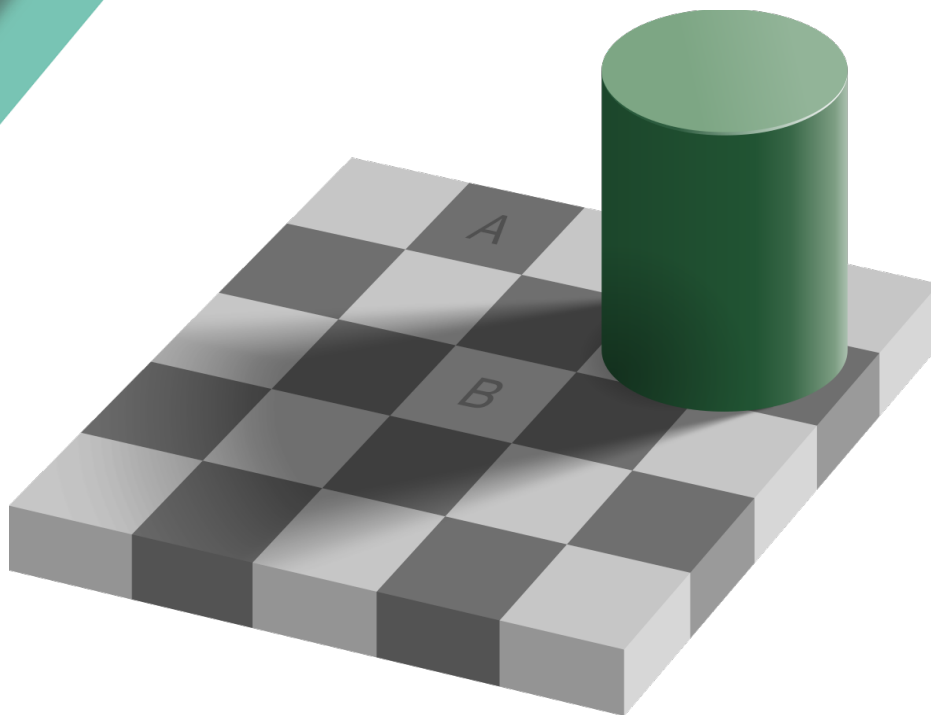
Tikslas – pabrėžti, kad regėjimas yra smegenų valdomas

interpretavimo procesas, o ne tik optinis „įvestis“. Siūlomas vaizdo įrašas: *Kaip veikia regėjimas*

(Mokslo akademija – „Curious“)

<https://www.science.org.au/curious/video/vision>





Minčių generavimo veikla klasėje

Pagrindinis klausimas. Be šviesos nėra regėjimo: kas nutinka šviesai, kai ji keliauja per akį, ir kaip ji tampa elektriniu signalu, kurį gali interpretuoti smegenys?

Raginimas klausimai

Kas lemia vaizdo fokusą tinklainėje?

Refrakcija ragenoje ir lęšiuke; vyzdys reguliuoja šviesos kiekį; lęšiuko akomodacija palaiko ryškumą skirtingais atstumais.

Kodėl tamsoje prastai suvokiame spalvas?

Nes vyrauja lazdelių aktyvumas (didelis jautrumas, bet ne gebėjimas atskirti spalvas), o kūgeliams reikia daugiau šviesos, kad būtų galima atskirti bangos ilgius.

Ar tinklainė „įrašo“ jau paruoštą vaizdą?

Ne; tinklainė atlieka išankstinį apdorojimą (kontrastas, judesys, kryptis), tada signalas keliauja į talamą ir regos žievę, kur informacija integruojama.

Kodėl kai kurie objektai yra ryškūs vienu atstumu, o kitu – neryškūs?

Nes židinio plokštuma priklauso nuo geometrijos ir lūžio rodiklio; kai vaizdo plokštuma nesutampa su tinklaine, vaizdas yra nefokusuotas (trumparegystė / toliaregystė).



Mikroužduotis.

Pažymėkite akies dalis (rageną, vyzdį, rainelę, lęšį, tinklainę, regos nervą) naudodami darbalapį arba interaktyvų šaltinį.

Siūlomas šaltinis: Akies ženklavimas – Mokslo mokymosi centras

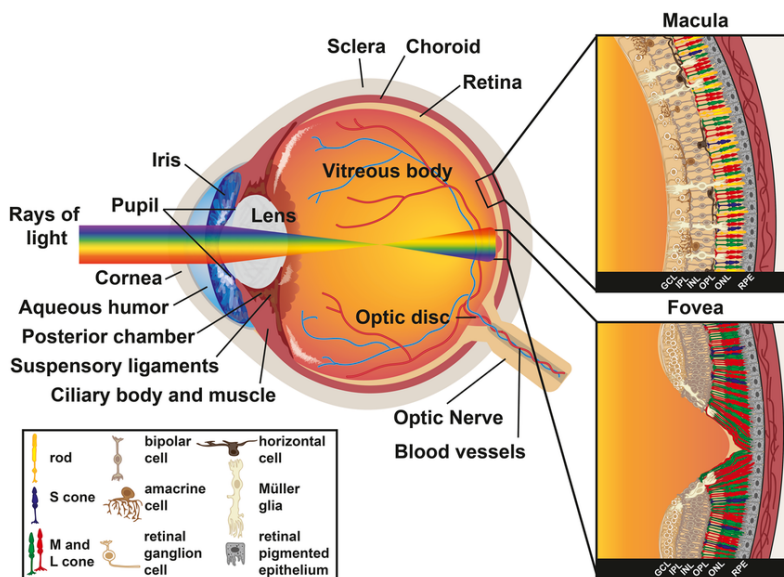
<https://www.sciencelearn.org.nz/resources/3007-labelling-the-eye>

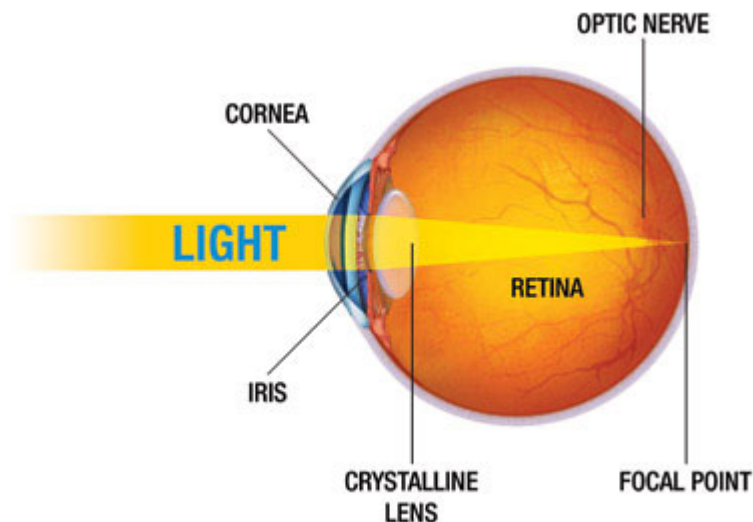
pagrindinis lygis

Regėjimo fizika ir optika

Šviesa, refrakcija ir vaizdo formavimasis.

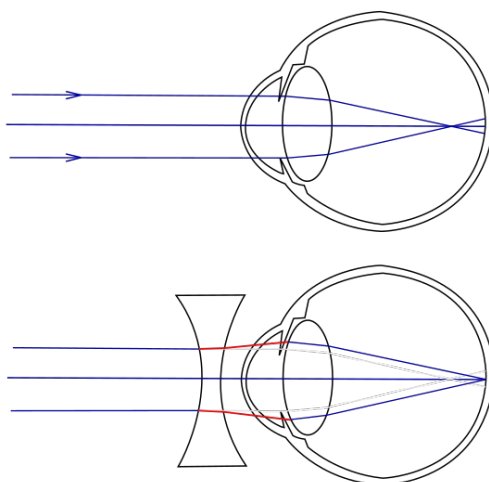
Regėjimas prasideda, kai nuo objektų atspindėjusi šviesa patenka į akį ir praeina pro natūralią optinę sistemą: rageną, akies skystį, lęšį ir stiklakūnį. Kiekvienoje sąsajoje šviesa lūžta pagal lūžio rodiklių skirtumus. Šio proceso rezultatas yra **vaizdo fokusavimas** tinklainės plokštumoje. Vaizdo kokybė priklauso nuo trijų pagrindinių veiksnių: paviršiaus geometrijos (kreivumo), lūžio rodiklių ir vyzdžio skersmens, kontroliuojančio lauko gylį. Jei šviesa konverguoja **prieš** tinklainę (trumparegystė) arba **už** jos (toliaregystė), vaizdas atrodo neryškus; lęšiukas kompensuoja **akomodacija** fiziologinėse ribose.





Kas lemia, kur bus nukreiptas dėmesys?

Optinio išlinkio ir objekto atstumo pusiausvyra: kuo arčiau objektas, tuo didesnis išlinkis reikalingas, kad vaizdas tinklainėje būtų ryškus.



Nuo fizikos iki fiziologijos: fotoreceptoriai ir signalas.

Tinklainėje apverstas vaizdas nėra galutinė „momentinė nuotrauka“: tai fizinis dirgiklis, sukeliantis **signalą** **perdavimą**. Fotoreceptoriai (strypai ir kūgeliai) turi fotopigmentų, kurie, absorbuodami fotoną, keičia būseną ir aktyvuoja biocheminę kaskadą. Gautas signalas nėra „viskas arba nieko“ veikimo potencialas, o laipsniškas potencialas, perduodamas į bipolines ir ganglines ląsteles. Ganglinių ląstelių aksonai sudaro **regos nervą** – išėjimo kanalą, perduodantį informaciją į smegenis.

Kodėl tamsoje galime atskirti dideles formas, bet ne spalvas ?



Kadangi lazdelės yra jautresnės ir aktyvesnės skotopinėmis (silpno apšvietimo) sąlygomis, bet negali aptikti spalvos; kūgeliams, atsakingiems už spalvą ir vaizdo aštrumą, reikalingas didesnis šviesumo lygis.

Erdvinis pasiskirstymas ir regėjimo aštrumas.

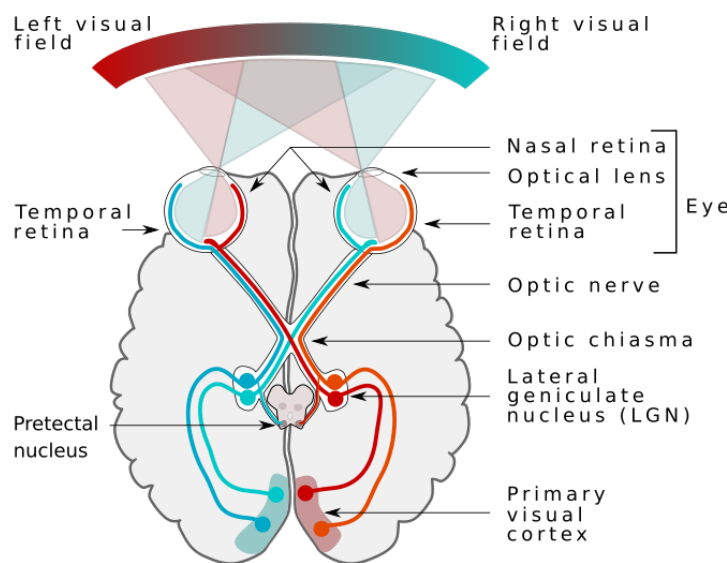
Kūgeliai tankiausi geltonojoje dėmėje (fovea), kur regėjimo aštrumas maksimalus, o jungtys tiesioginės; lazdelės dominuoja periferijoje, todėl lengviau aptikti judesį ir šviesos pokyčius. Šis kompromisas paaiškina, kodėl skaitymui reikalinga tiesioginė geltonosios dėmės fiksacija, o periferinis regėjimas yra efektyvesnis judesiui aptikti.

Kodėl raidės tapti mažiau aštrus kada mes susitelkti ties vienu?

Kadangi kūgio tankis mažėja toliau nuo geltonosios dėmės, o neuronų konvergencija didėja: jautrumas pagerėja, bet erdvinė skiriamoji geba mažėja.

Nuo tinklainės iki smegenų: privalomi etapai.

Signalas palieka akį per **regos nervą**, praeina per **regos nervo chiasmą** (dalinę dekusaciją), tęsiasi regos **trakte** iki **šoninio geniculatinio branduolio** (talamo) ir galiausiai pasiekia **pirminę regos žievę (V1)**. Čia – ir aukštesnės eilės srityse – informacija suskaidoma į požymius (orientaciją, erdvinius dažnius, judesį, spalvą) ir tada vėl sujungiama į koherentinį suvokimą. Smegenys „nemato“ fotonų – jos rekonstruoja prasmę iš neuronų aktyvumo modelių.



Jei tinklainė gauna apverstą vaizdą, kodėl nematome pasaulio apversto?
Nes suvokimas generuojamas smegenyse: žievė interpretuoja ir rekonstruoja informaciją, nepaisydama pradinės optinės orientacijos.





Nuo teorijos iki kasdienių daiktų.

Tie patys principai, veikiantys akyje, taikomi **akiniams ir kontaktiniams lęšiams** (fokusavimo korekcija), **fotoaparatams ir išmaniesiems telefonams** (lęšiai, diafragmos, jutikliai) bei **VR/AR ausinėms** (optika fokusavimui iš arti ekrano). Fizikos iškėlimas iš laboratorijos padeda suprasti ne tik *tai, kaip* veikia lęšis, bet ir *kada* bei *kodėl* optinė korekcija yra veiksminga.

Leiskime atspindėti kartu .

Nepakanka optimizuoti tinklainę: suvokimas priklauso nuo vėlesnio apdorojimo. Jei fizinė šviesa išlieka ta pati, kodėl kontekstas ir kontrastas keičia tai, ką matome? Ką iš tikrųjų reiškia „matyti smegenimis“?

Žiniatinklio ištekliai

Kaip veikia akys – Nacionalinis akių institutas (NEI)

<https://www.nei.nih.gov/learn-about-eye-health/healthy-vision/how-eyes-work>

Interaktyvus akių anatomijos ir šviesos kelio per skaidrią terpę paaiškinimas.

Fotoreceptoriai: lazdelės ir kūgeliai – Khan akademija

<https://www.khanacademy.org/science/health-and-medicine/nervous-system-and-sensory-infor/sight-vision/v/photoreceptors-rods-cones>

Vaizdo pamoka apie fotoreceptorius ir skotopinės bei fotopinės regos skirtumus.

Geometrinė optika – PhET interaktyvūs modeliavimai, Kolorado Bolderio universitetas

https://phet.colorado.edu/sims/html/geometric-optics/latest/geometric-optics_all.html

Interaktyvi simuliacija: stebėkite, kaip židinio nuotolis ir didinimas kinta priklausomai nuo atstumo ir lęšio išlinkio; susiekite rezultatus su trumparegystės, toliaregystės ir akomodacijos rezultatais.

Pažengęs lygis

Fototransduzija ir adaptacija .

Fotoreceptoriuose vykstanti kaskada (fotopigmento aktyvacija, transdukcija , cGMP ir jonų kanalų moduliacija) paaiškina, kaip šviesa tampa srove. **Adaptacija** (prie šviesos ir tamsos) iš naujo kalibruoja sistemos jautrumą, įgalindama veikti esant kelioms šviesumo dydžio eilėms.

Raiška ir kontrastas.

Regėjimo aštrumas nepriklauso vien nuo optikos: tinklainės ir žievės grandinės parenka **erdvinius dažnius** ir **orientacijas** , sustiprindamos kontūrų kontrastą. Skirtingi takai (parvoceluliniai / magnoceluliniai) teikia pirmenybę **detalėms / spalvoms** arba **judeiui** .

Vizualiniai keliai ir integracija.

Už V1 ribų apdorojimas skyla į tinklus, kurie pabrėžia „**ką**“ (formą, spalvą) ir „**kur/kaip**“ (erdvę, veiksmą).





Spalvų suvokimas atsiranda integruojant L/M/S kūgio atsakus ir chromatines opozicijas, o judesio suvokimui reikalinga laikinė integracija ir binokulinis dispersija gyliui nustatyti.

Kodėl esant silpnam apšvietimui, judesį suvokiame geriau nei smulkias detales?

Nes skotopinio matymo metu dominuoja takai, jautrūs globaliems ir laiko pokyčiams, o erdvinė skiriamoji geba yra mažesnė.

Kodėl siauras vizydas kartais gali pagerinti ryškumą?

Nes jis sumažina aberacijas ir padidina lauko gylį (difrakcijos ribose).

Apverstas mokymasis:

Tikslas. Pasiruoškite diskusijai klasėje, suprasdami seką *šviesa* → *tinklainė* → *regos nervas* → *žievė* ir fizikos bei biologijos ryšius.

Užduotys (pateikiamos kaip 1–2 puslapių ataskaita arba 6–8 skaidrės):

1. **Trumpas skaitinys** apie akies anatomiją ir šviesos kelią. Svarbiausi dalykai: rageną, vizydas/rainelė, lęšiukas, tinklainė, regos nervas.
2. **Darbalapis „Kūgeliai ir lazdelės“**: užpildykite lentelę su *jautrumu*, *vaidmeniu spalvų / regėjimo aštrumui*, *apšvietimo sąlygomis* (skotopinė / fotopinė), *tinklainės pasiskirstymu*.
3. **Geometrinės optikos modeliavimas (plonas lęšis)**: sukurkite dvi ekrano kopijas —
 - a. *Sufokusuotas vaizdas* (fokusas į „tinklainę“) su anotuotais parametrais;
 - b. *Nefokusuotas vaizdas* (imituojama trumparegystė / toliaregystė) su pastabomis apie tai, kaip akomodacija arba korekciniai lęšiai atkuria fokusą.
4. **Trumpa sintezė (daugiausia 120 žodžių)**: savais žodžiais paaiškinkite, kaip tinklainė „neįrašo“ jau paruoštų vaizdų, o **perduoda ir iš anksto apdoroja** signalus, kurie siunčiami į smegenis.
5. **Trys aptarimo klausimai**: vienas apie optiką (refrakcija/fokusavimas), vienas apie biologiją (fototransdukcija), vienas apie suvokimą (kodėl nematome pasaulio apversto aukštyn kojomis?).

Pateikimas. Prieš pamoką įkelkite PDF failą arba skaidres į klasės kanalą.

3. Taikymas

Pagrindinis lygis

Regėjimo proceso supratimą galima pagilinti atliekant praktinių užsiėmimų seriją, leidžiančią mokiniams stebėti tiek optinius, tiek biologinius reiškinius, susijusius su regėjimo mechanizmu. Šio skyriaus tikslas – pritaikyti teorinėje dalyje nagrinėjamas refrakcijos, fokusavimo ir signalo perdavimo sąvokas, susiejant optikos fiziką su žmogaus akies biologija.





Kai šviesa praeina per skirtingo optinio tankio terpes, jos trajektorija keičia kryptį – šis reiškinys vadinamas **refrakcija**. Rageną ir lęšiuką, sudarantys natūralius akies lęšius, veikia kaip laužiantys elementai, kurie lenkia šviesos spindulius ir tinklainėje sukuria ryškų vaizdą. Studentai gali stebėti šį elgesį atlikdami paprastą eksperimentą: iš dalies panardinkite pieštuką į stiklinę vandens ir atkreipkite dėmesį, kaip objektas atrodo „sulaužytas“ oro ir vandens sąlytyje. Šis vizualinis efektas tiesiogiai iliustruoja, kaip šviesa nukrypsta akies terpėje, ir supažindina su refrakcijos principu, kuris reguliuoja tinklainės vaizdo fokusavimą.

Šis reiškinys tyrinėjamas virtualioje aplinkoje naudojant interaktyvią **geometrinės optikos simuliaciją**, prieinamą **PhET platformoje – Kolorado Boulderio universitetas** :

https://phet.colorado.edu/sims/html/geometric-optics/latest/geometric-optics_all.html

Modeliavimo metu mokiniai gali keisti atstumą tarp objekto ir lęšio bei modifikuoti paviršių kreivumą, stebėdami, kaip keičiasi židinio taško padėtis ir vaizdo ryškumas. Ši veikla padeda mokiniams suprasti, kaip žmogaus lęšiukas keičia savo kreivumą, kad vaizdas išliktų sufokusuotas tinklainėje – šis procesas vadinamas **akomodacija**.

Remiantis šiais stebėjimais kyla esminiai klausimai : koks yra ryšys tarp lęšio formos ir fokusavimo atstumo? Kodėl per didelis arba nepakankamas lęšio išlinkimas sukelia tokias ligas kaip trumparegystė ar toliaregystė? Palyginus fizinį lęšį modeliavime su biologiniu lęšiu, paaiškėja, kaip lūžio galios pokyčiai veikia židinio taško padėtį ir, atitinkamai, regėjimo kokybę.

Tada dėmesys nukrypsta į tinklainę – ploną sensorinę membraną akies gale, kuri šviesos energiją paverčia elektriniais signalais. Studentai analizuoja **fotoreceptorių – kūgelių ir lazdelių** – išsidėstymą ir jų vienas kitą papildančius vaidmenis: lazdelės specializuojasi naktinio matymo srityje ir suvokia ryškumo pokyčius, o kūgeliai užtikrina spalvų suvokimą ir didelį regėjimo aštrumą ryškioje šviesoje. Didelis kūgelių tankis geltonojoje dėmėje paaiškina centrinį ryškumą, o lazdelių paplitimas periferijoje pagerina judesio aptikimą.

Klasės diskusija tęsiama analizuojant fotoreceptorių elgesį esant prastam apšvietimui. Kodėl spalvos atrodo išblukusios sutemus? Atsakymas slypi didesniame lazdelių jautrumo, kurios leidžia matyti prieblandoje, bet negali atskirti bangos ilgių, atsakingų už spalvas. Šis kolektyvinis atspindys padeda mokiniams suprasti, kaip smegenys integruoja informaciją iš skirtingų jutimo ląstelių, kad sukurtų darnų vaizdinį.

Tada mokiniai kviečiami palyginti žmogaus akį su kasdieniais optiniais prietaisais, tokiais kaip fotoaparatai ar išmanieji telefonai. Lęšiukas veikia kaip konverguojantis lęšis, vyzdys veikia kaip diafragma, tinklainė – kaip skaitmeninis jutiklis, o smegenys atlieka vaizdo procesoriaus vaidmenį. Remiantis šia analogija, regėjimas iš naujo interpretuojamas kaip fizinis modelis, jungiantis technologijas ir biologiją.

Leiskime atspindėti kartu. Regėjimas yra sudėtingas procesas, jungiantis geometrinę optiką ir neurobiologiją. Kaip fizika riboja suvokiamo vaizdo kokybę? Kokias strategijas smegenys sukūrė, kad kompensuotų akies netobulumus ir užtikrintų stabilų bei nuolatinį išorinio pasaulio suvokimą?



Pažengęs lygis

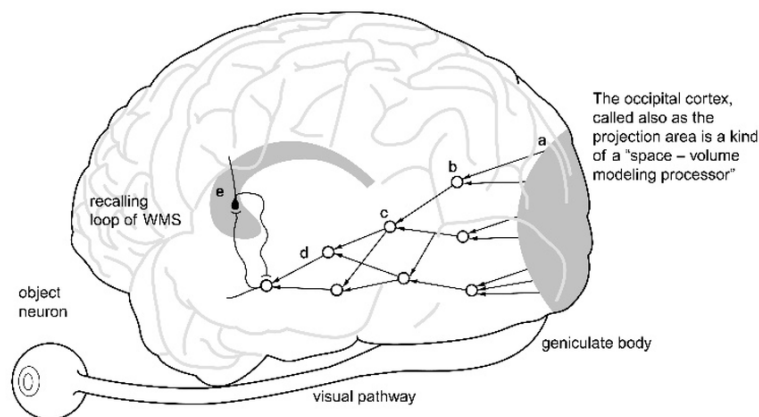
Pažengusiųjų lygis gilina ryšį tarp tinklainės signalo perdavimo ir signalo sklidimo nerviniais takais į regos žievę. Studentai stebi, kaip šviesos energija fotoreceptoriuose paverčiama elektriniais signalais ir kaip šie impulsai per bipolinius ir ganglinius audinius perduodami į regos nervą.

fototransdukcijos sąvoka : rodopsino molekulės fotono absorbcija sukelia konformacinį pokytį, kuris aktyvuoja biocheminę kaskadą. Ši kaskada sumažina ciklinį GMP, uždaro jonų kanalus ir dėl to hiperpoliarizuoja ląstelę. Rezultatas – šviesos energijos transformacija į elektrinio potencialo pokyčius.

Signalų sklaidimas regos nervu ir jo kelias link regos žievės iliustruojamas **papildytosios realybės modeliavimu**, sukurtu naudojant „**Delightex Studio – Spaces**“ (Marker) :

<https://edu.delightex.com/Studio/Spaces>

Naudodamiesi mobiliaisiais įrenginiais, mokiniai tyrinėja trimatį žmogaus akies modelį, stebi fotoreceptorių aktyvaciją, seka signalą išilgai regos nervo, vizualizuoja skaidulų susikirtimą ties regos nervo chiazma ir galiausiai mato signalų projekciją į šoninį branduolį-kryžminį branduolį ir pirminę regos žievę.



Užsiėmimo metu pateikiami pagrindiniai klausimai:

- Kurioje tinklainės vietoje šviesa tampa elektriniu impulsu? – Kodėl kai kurios skaidulos susikerta regos nervo chiazmoje, o kitos lieka nesusikryžiusios?
- Kaip regos žievė skiria formą, spalvą ir judesį?

Atsakymai randami per grupines diskusijas ir anatominių modelių bei fizinių procesų palyginimą.

Pamoka baigiama dirbtinio regėjimo sistemų evoliucijos apmąstymais. Mokiniai lygina žmogaus akies ir skaitmeninio fotoaparato veikimą, pabrėždami analogijas ir skirtumus. Kol fotoaparatas fiksuoja vaizdus per jutiklį, smegenys rekonstruoja suvokimą integruodamos informaciją iš kelių jutiminių šaltinių ir susiedamos ją su ankstesne patirtimi.





Apmastykime kartu. Ar šiuolaikinės dirbtinio regėjimo technologijos iš tiesų imituoja biologinio regėjimo mechanizmus, ar jos tik atkuria jo optinį komponentą, o interpretavimą deleguoja programinei įrangai? Ar mašina iš tikrųjų *mato*, ar ji tiesiog *įrašo*?

Veikla:

Baigiamosios veiklos tikslas – įtvirtinti mokymąsi ir skatinti bendraamžių bendradarbiavimą. Mokiniai sukuria **sąvokų žemėlapi**, vaizduojantį visą regėjimo seką – nuo šviesos iki sąmoningo suvokimo, kiekvienam etapui nurodant fizinį reiškinį, susijusią anatominę struktūrą ir signalo tipą (šviesos, elektrinį ar cheminį).

Toliau, mažose grupėse, jie kuria **mini papildytosios realybės patirtį**, naudodami „**Delightex Studio – Spaces (Marker)**“. Kiekviena grupė iliustruoja konkretų vizualinio proceso etapą, pridėdama trumpus aiškinamuosius tekstus, etiketes ir paprastas animacijas. Galiausiai scenos sujungiamos nuosekliai, kad būtų atkurtas visas regėjimo kelias.

Siekdami patikrinti supratimą, studentai atlieka **interaktyvią papildytosios realybės (AR) viktoriną**, kurią sudaro klausimai su keliais atsakymų variantais apie regos mechanizmo etapus.

Modulis baigiamas **plenaryne diskusija**, kurios metu studentai kritiškai analizuoja gautus rezultatus, lygina savo patirtį ir apmąsto biologinių ir dirbtinių regos sistemų analogijas.

Laukiamas rezultatas.

Pasibaigus operacijų moduliui, studentai turėtų gebėti mokslinė kalba aprašyti visą regėjimo eigą, susieti geometrinės optikos principus su neurobiologiniais procesais, naudoti skaitmeninius ir papildytosios realybės įrankius sudėtingiems reiškiniams pavaizduoti ir išsiugdyti kritinį požiūrį į dirbtinio regėjimo technologijas.

4. Literatūra

Nacionalinis akių institutas (NEI), Kaip veikia akys. JAV Sveikatos ir žmoniškųjų paslaugų departamentas. Prieinama adresu: <https://www.nei.nih.gov/learn-about-eye-health/healthy-vision/how-eyes-work>

Khan akademija, Fotoreceptoriai: lazdelės ir kūgeliai. Prieiga per internetą: <https://www.khanacademy.org/science/health-and-medicine/nervous-system-and-sensory-infor/sight-vision/v/photoreceptors-rods-cones>

Kolorado Bolderio universitetas – PhET interaktyvūs modeliavimai, geometrinė optika. Prieinama adresu: https://phet.colorado.edu/sims/html/geometric-optics/latest/geometric-optics_all.html





Mokslo mokymosi centras (Naujoji Zelandija), Mūsų akys – mūsų vizija. Prieiga per internetą:
<https://www.sciencelearn.org.nz/resources/3006-our-eyes-our-vision>

„Delightex Studio“ – „Spaces“ (žymeklis), edukacinė papildytosios realybės platforma interaktyviam
scenų kūrimui. Prieinama adresu: <https://edu.delightex.com/Studio/Spaces>

„Google Forms“ (2025 m.), Regėjimo testas – išplėstinės sinapsės projektas. Prieinama adresu:
https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdmXunTg8-vIIU_FyBsFppkFIhtSUJYgjUS-T3cfWnGUF70_Q/viewform?usp=dialog

Khano akademija, Fototransdukcijos kaskada. Prieiga per internetą:
<https://www.khanacademy.org/science/health-and-medicine/nervous-system-and-sensory-infor/sight-vision/v/the-phototransduction-cascade>

Nacionaliniai sveikatos institutai (JAV), Regėjimas ir smegenys: vizualinio apdorojimo supratimas.
Prieinama adresu: <https://www.nih.gov/news-events/nih-research-matters/vision-brain>

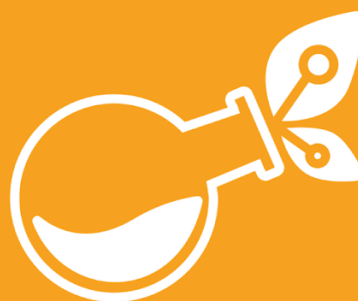
„Curious“ – Mokslų akademija, Kaip veikia regėjimas (vaizdo įrašas). Prieinama adresu:
<https://www.youtube.com/watch?v=IrXuyxDt5jo>

Vaizdo įrašų kreditai: „Wikimedia Commons“ (CC BY-SA / Viešojo nuosavybė), Nacionalinis akių institutas
(NEI) ir „ResearchGate“ edukaciniai ištekliai – švietimo reikmėms.





Co-funded by
the European Union



BIOS4YOU AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY



Project Number: KA220-BW-23-30-126516

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.