



Co-funded by
the European Union

Valgus ja materia – kuidas nad omavahel suhtlevad



BIOS4YOU
AR 2.0

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

Project Number: 2023-1-DE03-KA220-SCH-000126516

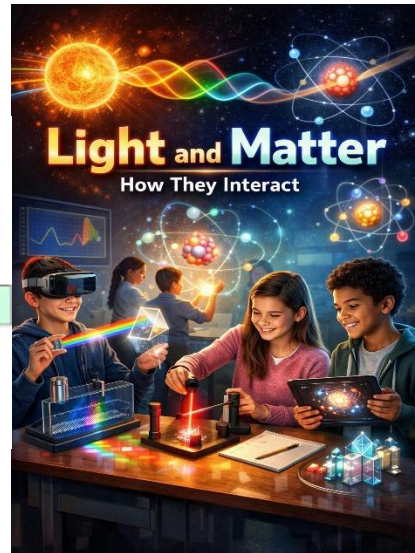
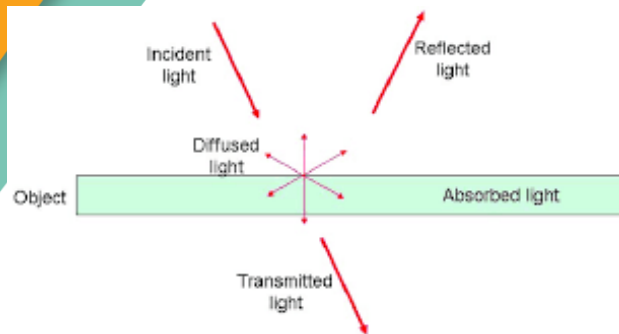
"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them."





Sissejuhatus:	6
1. jagu: Avasta	7
2. jagu: Täitmine	9
3. jagu: Täiustamine	11
Järeldus:	14
Viited	16





Õppetee üldine teema	Biofotoonika
Õppeüksuse täpne nimetus	Valgus ja aine – kuidas nad omavahel suhtlevad
Sihtrühma vanus	15–17 aastat
Õppijale esitatavad nõuded	Sellel õppemoodulil osalevatel õpilastel peaksid olema füüsika kontseptsioonide, eriti valguse ja aine olemuse põhiteadmised. Nad peaksid suutma teha lihtsaid mõõtmisi, salvestada vaatlusi ja töötada rühmades koostöös. Olulised on uudishimu, kriitiline mõtlemine ja valmisolek praktilisteks katseteks. Õppijad peavad tundma end mugavalt digitaalsete seadmete kasutamisel ja liitreaalsuse rakenduste uurimisel virtuaalsete katsete manipuleerimiseks. Vajalikud on diagrammide, tabelite ja graafikute tõlgendamise põhioskused. Eelnevad optikaalased teadmised ei ole vajalikud, kuid oodatakse motivatsiooni uurida teaduslikke nähtusi, analüüsida tulemusi ja siduda teooriat praktilise vaatlusega.
Õppeüksuse kirjeldus	See õppeüksus uurib, kuidas valgus ainega peegeldumise, murdumise, neeldumise ja kiirguse kaudu interakteerub. Õpilased tegelevad vaatluste, praktiliste katsete ja liitreaalsuse simulatsioonidega, et arendada kontseptuaalset mõistmist, analüüsioskusi ja koostööd. Üksus edendab uudishimu, kriitilist mõtlemist ja reaalsete seoste loomist füüsikamõistete ja igapäevaste nähtuste vahel.
Teema: Asjaosalised	Füüsika, keemia
Märksõnad	Optika Valguse ja aine vastastikmõju Peegeldus ja murdumine Neeldumine ja emissioon





Peamised omandatavad kvalifikatsioonid, oskused ja teadmised	Kontseptuaalne arusaam: teadmised valguse omadustest ja vastastikmõjust erinevate materjalidega (peegeldumine, murdumine, neeldumine, emissioon). Eksperimentaalsed oskused: oskus kavandada, läbi viia ja analüüsida praktilisi füüsikakatseid. Andmeanalüüs: pädevus vaatluste registreerimisel, tabelite ja graafikute loomisel ning tulemuste tõlgendamisel. Digitaalne kirjaoskus: kogemus liitreaalsuse tööriistade kasutamisega valguse ja aine interaktsioonide simuleerimiseks ja manipuleerimiseks. Läbivad oskused: kriitilise mõtlemise, probleemide lahendamise, meeskonnatöö ja teadusliku suhtluse arendamine. Reaalse maailma rakendus: valgusnähtuste praktilise olulisuse mõistmine tehnoloogias ja igapäevaelus.
Kasutatud ressursid ja didaktilised abivahendid	Laborivarustus: taskulambid, peeglid, prismad, läätsed, värviline paber, klaasanumad ja ohutud laserpointerid. Digitaalsed tööriistad: arvutid või tahvelarvutid liitreaalsuse rakenduste jaoks, näiteks Delightex Edu, Merge EDU või Physics Toolbox AR. Visuaalsed materjalid: pildid, videod ja diagrammid, mis illustreerivad valguse ja aine vastastikmõjusid. Andmete salvestamise tööriistad: töölehed, tabelid ja graafikumallid mõõtmiste ja vaatluste jaoks. Koostööabivahendid: tahvlid, plakatid või jagatud digitaalsed platvormid (nt Google Drive) grupiaruteludeks ja aruandluseks. Õppejuhendid: õpetaja juhised, samm-sammult eksperimentaalsed protokollid ja liitreaalsuse kasutusjuhendid.
Hindamiskriteeriumid ja hindamine	Aktiivne osalemine: kaasamine kõikidesse etappidesse (uurimine, elluviimine, täiustamine) ja panustamine grupiaruteludesse.





Vaatluste täpsus: katsetulemuste ja AR-simulatsioonide korrektne registreerimine ja tõlgendamine.

Andmeanalüüsi oskused: oskus andmeid tabelitesse, graafikutesse ja diagrammidesse korraldada ning tõendus põhiseid järeldusi teha.

Seos teooriaga: eksperimentaalsete ja liitreaalsuse vaatluste sidumine valguse ja aine vastastikmõju aluseks olevate füüsikaliste kontseptsioonidega.

Koostöö ja suhtlemine: efektiivne meeskonnatöö, tulemuste selge esitamine ning panustamine rühmaaruannetesse või esitlustesse.

Reflektiivne mõtlemine: kriitilise refleksiooni demonstreerimine õpitulemuste, väljakutsete ja praktiliste rakenduste üle.





Sissejuhatus:

Valgus on üks looduse fundamentaalsemaid nähtusi ning mängib olulist rolli selles, kuidas inimesed maailma tajuvad ja mõistavad. Iga päev puutume kokku valguse ja erinevate mateeriavormide interaktsiooniga: peeglid peegeldavad meie kujutist, läätsed murdavad valgust, et teravustada pilte kaamerates ja prillides, pinnad neelavad valgust ja ilmuvad erinevates värvides ning mõned materjalid kiirgavad valgust fluorestsentsi või fosforestsentsi kaudu. Need nähtused on kesksel kohal mitte ainult füüsikas, vaid ka tänapäevastes tehnoloogiates, nagu laserid, fiiberoptika, optilised andurid, päikesepaneelid ja digitaalekraanid.

Valguse ja aine vastastikmõju mõistmine võimaldab õpilastel uurida füüsika põhimõisteid, arendades samal ajal analüütilist mõtlemist ja vaatlusoskusi. See õppeüksus keskendub valguse ja aine vastastikmõju peamistele mehhanismidele: peegeldumine, murdumine, neeldumine ja kiirgus. Vaatluse, eksperimentaalsete tegevuste ja digitaalsete simulatsioonide kombinatsiooni abil uurivad õpilased, kuidas valgus käitub erinevate materjalidega kokkupuutel.

Lisaks traditsioonilistele praktilistele laboritegevustele integreerib see üksus liitreaalsuse (AR) tehnoloogiaid, et parandada õpikogemust. AR võimaldab õpilastel visualiseerida protsesse, mis on tavaliselt palja silmaga nähtamatud, näiteks footonite käitumist või valguse ja aatomite mikroskoopilisi interaktsioone. Virtuaalsete keskkondade manipuleerimise ja füüsikaliste nähtuste reaalses muutuste jälgimise abil saavad õppijad arendada sügavat kontseptuaalset arusaama valguse käitumisest.

Õppeüksuse struktuur on jagatud kolmeks põhifaasiks: uurimine, elluviimine ja täiustamine. Avastamise faasis tutvustatakse õpilastele põhimõisteid vaatluse ja juhendatud arutelu kaudu. Elluviimise faasis rakendavad nad neid mõisteid struktureeritud katsete ja koostöötegevuste kaudu. Täiustamise faasis kasutatakse liitreaalsuse tööriistu arusaamise laiendamiseks ja süvendamiseks, võimaldades füüsiliste nähtuste kaasahaaravat visualiseerimist ja interaktiivset uurimist.

Eksperimentaalsete tegevuste ja liitreaalsuspõhiste simulatsioonide integreerimine edendab uurimuslikku õpet, ergutab õpilaste koostööd ja toetab kriitilist mõtlemist. Teoreetiliste teadmiste sidumise abil praktilise vaatluse ja digitaalse uurimisega püüab see õppeüksus luua tervikliku ja kaasahaarava õpikogemuse.





Lõppkokkuvõttes saavad õpilased sügavama arusaama sellest, kuidas valgus ainega suhtleb ning kuidas neid interaktsioone rakendatakse igapäevastes tehnoloogiates ja loodusnähtustes.

1. jagu: Avasta

Kaasamisvideod:

https://www.youtube.com/watch?v=BUYeQa_-ojk

<https://www.youtube.com/watch?v=3-V-uRXDiJk>

<https://www.youtube.com/watch?v=DOsro2kGjGc>





Vaatlus ja kontseptuaalne mõistmine

Avastamise etapp tutvustab õpilastele valguse ja aine põhiideid vaatluse, uudishimust ajendatud uurimise ja juhendatud arutelu kaudu. Selle etapi eesmärk on luua kontseptuaalne alus enne struktureerituma eksperimenteerimise juurde liikumist.

Valgus on elektromagnetlaine, mis saab liikuda läbi tühja ruumi ja erinevate materjalide. Valgus ja aine toimivad omavahel peamiselt nelja põhiprotsessi kaudu: neeldumine, peegeldumine, läbilaskvus ja kiirgus. Need interaktsioonid sõltuvad elektromagnetkiirguse poolt tabatud materjali keemilisest struktuurist ja füüsikalistest omadustest ning valguse lainepikkusest.

Põhilised interaktsioonimehhanismid

Peegeldus Peegeldumine toimub siis, kui valgus pinnalt tagasi pöörkab. See nähtus põhjustab peeglites ja paljudel peegeldavatel pindadel nähtavaid kujutisi. Peegeldumisseadus sätestab, et langemisnurk (sissetuleva valguse ja pinna normaali vaheline nurk) on võrdne peegeldusnurgaga.

Edasikandumine Valgus läbib keskkonda. Murdumine toimub siis, kui valgus liigub ühest keskkonnast teise ja muudab suunda. See juhtub seetõttu, et valguse kiirus muutub erineva optilise tihedusega materjalide läbimisel. Levinud murdumise näide on see, kui veeklaasi asetatud kõrs näib painutatud.

Imendumine See toimub siis, kui materjal neelab valgusenergiat ja muundab selle teisteks energiavormideks, näiteks soojuseks. Objektide värvid, mida me näeme, on tihedalt seotud neeldumisega: materjalid neelavad teatud valguse lainepikkusi ja peegeldavad teisi.





Heitkogustekib siis, kui aatomid või molekulid vabastavad energiat valguse kujul. See võib toimuda selliste nähtuste korral nagu fluorestsents, fosforestsents ja LED-ide tekitatud valgus.

HajumineValgus suunatakse mitmes suunas, kui see tabab väikeseid osakesi või ebatasast pinda.

Nende interaktsioonide mõistmine eeldab õpilastelt reaalsete näidete vaatlemist ja nende seostamist füüsiliste selgitustega. Avastamisfaasis julgustavad õpetajad õpilasi neid nähtusi igapäevastes olukordades aktiivselt jälgima ja tuvastama.

Uurimistegevused

1. Visuaalne sissejuhatus

Õpetaja tutvustab teemat, näidates pilte või lühikesi videoid, mis demonstreerivad erinevaid näiteid valguse ja aine interaktsioonist. Näited võivad hõlmata järgmist:

- Peeglites peegelduv valgus
- Prismadest läbiv valgus, mis moodustab vikerkaare
- Läbipaistmatute objektide tekitatud varjud
- Ultravioletvalguses helendavad fluorestseeruvad materjalid

Õpilastel palutakse kirjeldada, mida nad täheldavad, ja tuvastada materjalide erinevusi.

2. Ajurünnaku tegevus

Õpilased töötavad väikestes rühmades ja loovad nimekirja igapäevaelu olukordadest, kus valgus suhtleb ainega. Näited võivad hõlmata järgmist:

- Peegeldus vees





- Aknast läbiv valgus
- Objektides täheldatud värvid
- Ekraanide või lampide kiirgav valgus

Iga rühm jagab oma tähelepanekuid klassiga.

3. Lihtsad vaatluskatsed

Õpilased teevad kiireid uurimuslikke katseid lihtsate materjalide abil:

- Taskulambid
- Läbipaistvad plastlehed
- Peeglid
- Värviline paber
- Veega täidetud klaasmahutid

Õpilased jälgivad, kuidas valgus erinevate pindadega suheldes käitub, ja salvestavad oma tähelepanekud.

Oodatavad õpiväljundid

Avastamisfaasi lõpuks peaksid õpilased:

- Tuvastage valgusaine vastastikmõjude levinumad näited
- Arendage vaatlusoskusi
- Sõnasta küsimused selle kohta, kuidas ja miks need nähtused tekivad

Õpilased peaksid ka genereerima hüpoteese, mida katsetatakse.





2. jagu: Täitmine

Praktiline katsetamine ja praktiline uurimine

Teostusfaasis rakendavad õpilased avastamisfaasis tutvustatud kontseptsioone struktureeritud eksperimentaalsete tegevuste kaudu. Eesmärk on arendada praktilisi teaduslikke oskusi, nagu mõõtmine, vaatlemine, andmete analüüs ja meeskonnatöö.

Katsed võimaldavad õpilastel kontrollida valgust reguleerivaid füüsikaseadusi ja mõista, kuidas erinevad materjalid mõjutavad valguse käitumist.

Katse 1: Peegeldus

Õpilased uurivad peegeldusseadust peeglite ja valgusallika abil.

Materjalid

- Tasapinnaline peegel
- Laserpointer või taskulamp
- Protraktor
- Paber ja pliiats

Protseduur

Õpilased suunavad valgusvihu peeglisse ja mõõdavad nurgamõõtja abil langemis- ja peegeldumisnurki.

Vaatlus

Õpilased kontrollivad, et langemisnurk on võrdne peegeldusnurgaga.

Katse 2: Murdumine

Õpilased uurivad, kuidas valgus paindub erinevatest materjalidest läbimisel.

Materjalid

- Läbipaistev veega täidetud anum
- Pliiats või kõrs
- Laserpointer või taskulamp

Protseduur

Õpilased suunavad valgust läbi anuma ja jälgivad, kuidas kiire suund muutub.

Vaatlus

Õpilased täheldavad, et valgus paindub vette sisenedes ja sealt väljudes.

Katse 3: Imendumine





Õpilased uurivad, kuidas erinevad materjalid valgust neelavad.

Materjalid

- Värviline paber
- Termomeeter
- Valgusallikas

Protseduur

Õpilased panevad erinevat värvi pinnad valguse kätte ja mõõdavad temperatuurimuutusi.

Vaatlus

Tumedamad värvid neelavad tavaliselt rohkem valgusenergiat ja muutuvad soojemaks.

Andmete analüüs

Õpilased registreerivad oma tähelepanekud tabelitesse ja võrdlevad tulemusi teiste gruppidega.

Nad arutavad selliseid küsimusi nagu:

- Miks mõned materjalid peegeldavad valgust rohkem kui teised?
- Miks valgus paindub veest või klaasist läbi minnes?
- Kuidas värv mõjutab imendumist?

Õpilased koostavad lühikese rühmaaruande, milles võtavad kokku nende tulemused ja tõlgendused.

Liitreaalsuse roll teostusfaasis

AR-tehnoloogia saab eksperimentaalset faasi toetada, võimaldades õpilastel katseid simuleerida või alusprotsesse visualiseerida. AR-tööriistad saavad kuvada footonite teed, näidata valguslainete levikut või illustreerida aatomi tasemel interaktsioone.

Näiteks saavad õpilased jälgida footonite virtuaalseid kujutisi materjalidega suhtlemisel, mis lihtsustab otseselt nähtamatute protsesside mõistmist.





3. jagu: Täiustamine

Liitreaalsus sügavama mõistmise saavutamiseks

Täiustusfaas integreerib liitreaalsuse tehnoloogiaid, et laiendada õpilaste arusaamist kaugemale sellest, mida saab traditsiooniliste katsete abil jälgida.

AR-tööriistad võimaldavad õpilastel uurida virtuaalseid keskkondi, kus valguse ja materia interaktsioone visualiseeritakse dünaamiliselt ja interaktiivselt.

Kuidas AR parandab õppimist

Liitreaalsus pakub mitmeid hariduslikke eeliseid:

1. *Nähtamatute nähtuste visualiseerimine*

Paljud füüsikalised protsessid toimuvad skaalal, mida ei saa otseselt jälgida. AR saab kujutada footoneid, elektromagnetlaineid ja aatomite interaktsioone.

2. *Interaktiivne õpe*

Õpilased saavad manipuleerida selliste muutujatega nagu lainepikkus, langemisnurk ja materjali omadused.

3. *Täiustatud kaasatus*

AR-keskkonnad ergutavad uudishimu ja motiveerivad õpilasi aktiivselt teaduslikke kontseptsioone uurima.

4. *Kontseptuaalne mõistmine*

Dünaamiliselt visualiseerides muutuvad keerulised mõisted, nagu laine levik või footonite neeldumine, lihtsamini mõistetavaks.

AR-harjutus: valgus ja materia – kuidas nad omavahel suhtlevad

Seda õppeüksust täiendab Delightex Studios BioS4You 2.0 projekti jaoks välja töötatud liitreaalsuse harjutus "Valgus ja aine: kuidas nad omavahel suhtlevad". Kuue interaktiivse stseeni kaudu kogevad õpilased geomeetrilise optika ja laineteooria põhiprintsiipe kaasahaaravas liitreaalsuse keskkonnas.





1. stseen: Sissejuhatuskuvab pealkirja ja kolmepaneelilise ülevaate, mis näitab kolme peamist mõistet: peegeldus (sümmeetriliste nurkadega peegel), murdumine (valguse painutamine läbi prisma Snelli seaduse abil) ja elektromagnetilised lained (risti asetsevad elektri- ja magnetväljad).

2. stseen: Valguskiired ja -nurgad tutvustab optika põhikonventsiooni: nurkade mõõtmise normaali, mitte pinna suhtes. Õpilased vaatlevad pinnale langevat valguskiirt, mille kriipsjoon on pinnaga risti ja langemisnurk θ_i ja normaaljoone vahel selgelt eristatav.

See põhikontseptsioon valmistab õpilasi ette nii peegelduse kui ka murdmise mõistmiseks, kus kõik nurkade mõõtmised viitavad normaaljoonele.

3. stseen: Peegeldus - võrdsete nurkade seadus demonstreerib peegeldusseadust. Õpilased näevad langevat kiirt, peegelpinda ja peegeldunud kiirt valemiga $\theta_i = \theta_r$ silmapaistvalt esile tõstetud. Peegeldussümmeetria muutub visuaalselt ilmseks, kui mõlemad nurgad mõõdetakse samast normaalist. Viktoriin kutsub õpilasi üles seda seadust rakendama: kui valgus langeb peeglisse normaalist 30° nurga all, siis millise nurga all see peegeldub?

Peegelduse täiusliku sümmeetria visualiseerimise abil mõistavad õpilased, miks peeglid loovad täpseid kujutisi ja miks normaalne on võrdlusjoon.

4. stseen: Murdumine - Snelli seadus Joonisel fig. on kujutatud valguse liikumist õhust ($n_1 = 1,0$) klaasi ($n_2 = 1,5$). Õpilased jälgivad langeva kiire paindumist normaali suunas, kui see siseneb tihedamasse materjali, kusjuures nurgad θ_1 ja θ_2 on selgelt tähistatud. Kuvatakse Snelli seaduse valem $n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2)$, mis seob matemaatilise seose visuaalse nähtusega. Viktoriinis palutakse õpilastel ennustada, mis juhtub, kui valgus siseneb õhust klaasi.

See stseen ühendab abstraktse valemi ja valguse vaadeldava painutamise, selgitades selliseid nähtusi nagu objektide painutatud välimus vees.

5. stseen: Elektromagnetilised lained esitab valguse 3D-visualiseerimise elektromagnetlainena. Õpilased jälgivad vertikaalselt võnkuvat elektrivälja E , horisontaalselt E -ga risti võnkuvat magnetvälja B ja mõlemat risti levimissuunaga v . Lainepikkus λ on selgelt märgitud. Viktoriin käsitleb E , B ja v vahelist perpendikulaarset seost.

Valguse nähtamatu elektromagnetilise olemuse visualiseerimise abil mõistavad õpilased, et valgus ei ole lihtsalt kiir, vaid laine, millel on võnkuvad elektrilised ja magnetilised komponendid.





6. stseen: Lõplik hindamine Koondab õpitut kolme põhjaliku viktoriini abil, mis käsitlevad murdumise nähtusi (vees olev painutatud kõrs), Snelli seaduse arvutusi ja valguse värvuse määramist lainepikkuse järgi. Kõigi viktoriinide edukas sooritamine avab õnnitlussõnumi, pakkudes lõpulõppu ja saavutustunnet.

See hindamisfaas tagab, et õpilased oskavad optilisi põhimõtteid reaalsetes olukordades rakendada ja geomeetrilist optikat laineomadustega seostada.

AR-õppetegevus

Kasutades liitreaalsuse platvormi, näiteks Delightex Edu, suhtlevad õpilased virtuaalses keskkonnas, kus footonid interakteeruvad erinevate materjalidega.

Õpilased saavad:

- Muutke valguse lainepikkust
- Muutke langemisnurka

- Vaheta materjale, näiteks klaasi, vett või metalli

Nad jälgivad, kuidas need muutused mõjutavad peegeldust, murdumist, neeldumist ja emissiooni.

Õpilased teevad oma tähelepanekute jäädvustamiseks ekraanipilte või lühikesi videoid.

Kasulike AR-rakenduste näited

Mõned AR-tööriistad, mis toetavad füüsika õppimist, on järgmised:

- Delightex Edu
- Merge EDU
- Füüsika tööriistakast AR
- JigSpace

Need tööriistad võimaldavad õpetajatel luua kaasahaaravaid õpikogemusi, mis ühendavad reaalse maailma keskkonnad digitaalsete simulatsioonidega.

Järeldus:

See õppeüksus on uurinud valguse ja materiaali vahelisi põhilisi vastastikmõjusid vaatluse, katsetamise ja digitaalse simulatsiooni abil.

Õpilased alustasid valguse ja erinevate materjalide interaktsiooni reaalsete näidete vaatlemisega. Arutelu ja uurimuslike tegevuste kaudu arendasid nad uudishimu ja sõnastasid küsimusi valguse käitumise kohta.





Eksperimentaalne faas võimaldas õpilastel oma hüpoteese testida praktiliste tegevuste abil, mis hõlmasid peegeldust, murdumist ja neeldumist. Nurkade mõõtmise, valgusradade jälgimise ja andmete salvestamise kaudu said õpilased praktilisi kogemusi teaduslikust uurimistööst.

Liitreaalsuse integreerimine parandas õppeprotsessi märkimisväärselt. Liitreaalsuse tehnoloogiad võimaldasid õpilastel visualiseerida mikroskoopilisi protsesse ja manipuleerida füüsikaliste muutujatega viisil, mis traditsioonilistes laboritingimustes poleks võimalik.

Vaatluse, katsetamise ja kaasahaaravate digitaalsete tööriistade kombineerimise abil arendasid õpilased sügavamat arusaama valguse ja aine füüsikast. Samuti tugevdasid nad valdkonnaüleseid oskusi, nagu koostöö, kriitiline mõtlemine ja teaduslik suhtlemine.

Selles üksuses käsitletud kontseptsioonid on otseselt seotud paljude reaalsete tehnoloogiatega, sealhulgas optiliste instrumentide, telekommunikatsiooni, digitaalsete kuvarite ja taastuenergia süsteemidega.

Õpilaste julgustamine neid seoseid uurima aitab neil mõista füüsika olulisust igapäevaelus ja motiveerib teadusteemade edasist uurimist.

BioS4You 2.0 projekti jaoks välja töötatud liitreaalsuse harjutus "Valgus ja aine: kuidas nad omavahel suhtlevad" äratav need kontseptsioonid ellu Delightex Studio kuue interaktiivse stseeni kaudu. Õpilased liiguvad nurga mõõtmise konventsioonide mõistmisest elektromagnetlainete struktuuri visualiseerimiseni, kogedes optilisi nähtusi, mis ühendavad geomeetrilist optikat ja laineteooriat viisil, mida traditsioonilised diagrammid ei suuda edasi anda.

Faas	Kirjeldus
Avasta	- Uuringud ja avastused: Õpilased alustavad igapäevaelus esinevate valguse ja aine vastastikmõju näidete uurimisega, näiteks vikerkaared, peeglid, läätsed ja ekraanid. Neid julgustatakse jälgima enda ümber olevaid nähtusi, esitama küsimusi ja seostama neid tähelepanekuid varasemate füüsikateadmistega. See etapp soodustab uudishimu ja julgustab õppijaid looma seoseid abstraktsete mõistete ja käegakatsutavate kogemuste vahel.
	- Sisu arendus: Õpetajad annavad sissejuhatavaid selgitusi valguse olemuse, omaduste ja ainega suhtlemise kohta. Visuaalsed materjalid, sealhulgas diagrammid, animatsioonid ja lühivideod, aitavad õpilastel peegeldust, murdumist, neeldumist ja hajumist kontseptualiseerida, muutes nähtamatud nähtused ligipääsetavamaks.
	- Vajaduste analüüs: Õpetajad hindavad õpilaste eelnevat arusaamist ja tuvastavad väärarusaamu, näiteks peegelduse ja murdumise segi ajamise või valguse liikumise valesti mõistmise eri meediumites. Esialgsed arutelud ja diagnostilised tegevused tagavad, et õpetus on kohandatud õppijate teadmiste tasemele.
Käivita	- Õppekava rakendamine: Tudengid osalevad struktureeritud laboritegevustes, mis demonstreerivad peegeldumist, murdumist, neeldumist ja hajumist. Nad teevad katseid





	prismade, läätse, peeglite ja valgusallikate abil, kogudes andmeid ja tehes detailseid vaatlusi. Need praktilised kogemused võimaldavad tudengitel siduda teooriat praktikaga, jälgides, kuidas valgus kontrollitud tingimustes käitub.
	- Interaktiivsed harjutused: Rühmades töötades viivad õppijad läbi koostööl põhinevaid katseid ja analüüsivad tulemusi. Nad arutavad andmetes esinevaid mustreid, võrdlevad tulemusi ja lahendavad praktilisi probleeme, näiteks ennustavad valguse liikumisteid erinevates materjalides. See koostööl põhinev lähenemisviis edendab suhtlemisoskust, kriitilist mõtlemist ja meeskonnatööd.
	- Tagasiside kogumine: Õpilased jagavad oma katsetulemusi eakaaslaste ja õpetajatega, mõtisklevad lahknevuste üle ja arutavad selgitusi. Õpetajad pakuvad juhiseid, et aidata õppijatel oma arusaamist täpsustada ja põhimõisteid kinnistada. Eakaaslaste tagasiside soodustab aktiivset kaasatust ja kinnistab õppimist.
Täiustama	- AR-integratsioon: Õpilased kasutavad liitreaalsuse (AR) platvorme, et visualiseerida footonite käitumist, valgusradasid ja optilisi nähtusi kolmemõõtmeliselt. AR võimaldab neil interaktiivselt uurida peegeldust, murdumist, difraktsiooni ja neeldumist, pakkudes dünaamilist perspektiivi, mis täiendab praktilisi katseid.
	- Interaktiivne õpe: õppijad manipuleerivad reaalajas selliste muutujatega nagu valgusnurk, keskkonna tüüp ja lainepikkus, jälgides nende vahetut mõju valguse käitumisele. See interaktiivsus süvendab arusaamist ja julgustab katsetama turvalises ja kaasahaaravas digitaalses keskkonnas.

Viited

Hecht, E. (2017). *Optics*. Pearson Education.

Serway, R., & Jewett, J. (2018). *Physics for Scientists and Engineers*. Cengage Learning.

UNESCO (2022). *Digital Technologies in Education: AR and VR Applications in Science Learning*.

<https://www.delightex.com/>

<https://www.eu-jer.com/applying-augmented-reality-technology-in-stem-education-a-bibliometric-analysis-in-scopus-database>

<https://www.mitrmedia.com/resources/blogs/exploring-the-role-of-ar-in-education-transforming-stem-learning-for-k12-students/>

<https://www.mitrmedia.com/resources/blogs/exploring-the-role-of-ar-in-education-transforming-stem-learning-for-k12-students/>





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: 2023-1-DE03-KA220-SCH-00026516

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.