



Co-funded by
the European Union

Õppeüksus: Laserfüüsika ja meditsiinilised rakendused

DiFC - Palermo Ülikool



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."





Sisukord

Sissejuhatus:	2
Valgus kui infokandja	2
1. jagu: Avasta	5
Aatomid	5
Milline on aatomi struktuur?	5
Laseri efekt	7
Laseri emissioon	8
Kolmetasandiline aatom	9
2. jagu: Täitmine	11
3. jagu: Täiustamine	12
Süsinikdioksiidi (CO ₂) laserid	12
Argoonlaserid	12
Nd: YAG (neodüüm: ütrium-alumiinium-granaat) laserid	13
Vähi ravimine laseritega	13
Kasvajate otsene vähendamine või hävitamine	13
Fotodünaamilist teraapiat kasutavad laserid	14
Järeldus:	15
Viited:	16





Õppete üldine teema	Biofotoonika ja valguspõhinediagnostiline
Õppeüksuse täpne nimetus	LaserFüüsika ja meditsiinilised rakendused
Sihtrühma vanus	14–18 aastat
Õppijale esitatavad nõuded	Matemaatika, füüsika, keemia ja bioloogia baasteadmised.
Õppeüksuse kirjeldus	See juhendab õpetajaid ja õpilasi läbi multidistsiplinaarse õpetamis-/õppimisraja, et avastada lasertehnoloogia põhitõdesid.
Teema: Asjaosalised	Bioloogia, keemia, füüsika, matemaatika, inseneriteadused
Märksõnad	Valgus, laser, aatom, kvantmehaanika, AR, visualiseerimine
Peamised omandatavad kvalifikatsioonid, oskused ja teadmised	Probleemide lahendamine, disainmõtlemine, arutluskäik, füüsika, keemia ja matemaatika kontseptuaalsed ja praktilised teadmised,
Kasutatud ressursid ja didaktilised abivahendid	Veebiressursid, virtuaallaborid, teadusartiklid, teadusandmebaasid
Hindamiskriteeriumid ja hindamine	Saavutatud kontseptsioonide ja oskuste erinevad teadmised





Sissejuhatus:

Valgus kui infokandja

Nagu me kõik teame, on valgus universumi uurimisel väga oluline vahend. Nähtava valguse värvus annab meile olulist teavet. Juba algusest peale, me suudame eristada asju, mida me näemekõrvalnende värvid.

Arutelu päritolu ja selle struktuuri üle on hämmeldunud filosoofid ajaloo alguses. Kõik varased filosoofid kirjutasid nende arvamus valguse olemuse kohta. Ainult 17. sajand tegevis earendanud tänapäeva teaduspanema Selle teema käsitlemine tänapäeval viisil matemaatilise teooria abil.

Me teame, et asjad tuleosakestena (nendest materia koosneb) ja lainetena (meremehed ja muusikud teavad seda hästi...), Seega peame aru saama, kas valgus koosneb osakestest või lainetest.

Isaac Newton väitis kiirte ja nende lineaarsete radade olemasolu põhjal, et valgus koosneb erinevatest aineosakestest (üks iga värvi kohta), mis eralduvad alates asja. Murdumist selgitatakse seejärel järgmiselt: see jõud, mis mõjuvad valgusosakestele nende üleminekul läbi kahe keskkonna eralduspinna

Vastupidiselt, Christiaan Huygens kirjutas oma teoses "Traité de la Lumière" ("Valgusleping"), et valgus koosneb lainetest, mis kulgevad väga õhukeses ja erilises aines, mida nimetatakse eetriks, mis on läbiv kogu universumis. Eeter on elastne keskkond, mis koosneb väga kergetest aineosakestest. See idee võimaldas tal selgitada valguse omadusi (murdumine, interferents, difraktsioon, värvid) väga sarnasel viisil. Kuni see tunduheli omadused. Nagu see





võib juhtuda

õhu/vee/vedeliku häiringu erinevad lainepikkused, erinevad helid, mida me kuuleme eetris esineva häiringu erinevatest lainepikkustest, erinevad värvid, mida me näeme.

Huygensi laineteooria edu selgitamisel ajendas teadusringkondi tema teooriat omaks võtma ja seda rakendama. kõrvaleseesekorpuskulaarnevalguse teooria.

Elektri- ja magnetvälja uurimise arengnähtused pani James Clerk Maxwelli mõistma, et valgus on elektriline ja magnetiline voog. nähtus Tema nägemuses on valgus laineetlābib ruumi, mida kannab see õhuke aine, mida nimetatakse eetriks.

KellXX sajandi algus, Füüsikud leidsid, et mõnikord näib valgus ainega interakteeruvat apidevaine kombel, aga diskreetsel viisil osakese või a-napakettehk energiakvant. Fotoelektriline efekt, Comptoni efektjamusta keha kiirgus on mõned neistnähtused Nende mõjude seletus tulialatesarengkvantmehaanika.

LASER-efekti (valguse võimendamine stimuleeritud kiirguse abil) leidmine on kvantmehaanika järjekordne tagajärg., mis on ehk kõige edukam füüsikateooria.

Selle uuringu eesmärkäratada huvi teema vastu, mis sobib hästi multidistsiplinaarseks lähenemiseks STEM-valdkonnas lasertehnoloogia aluste avastamise kaudu, ning suurendada uudishimu teema vastu, mille uurimistöö onesirinnasuurimistöö ja sellel on oluline mõju igale tänapäeva elu valdkonnale, sealhulgasheaoluja tervis diagnostika ja kirurgiliste rakenduste kaudu.





Lasertehnoloogia genereerimise ja kasutamise uurimist täiustatakse liitreaalsuse harjutuse abil „Lasertehnoloogia ja meditsiinilised rakendused“, mis on välja töötatud Delightex Studio – Spaces (Marker) abil. See liitreaalsuse kogemus juhendab õpilasi viies interaktiivses stseenis: kolmetasandilised aatomisüsteemid populatsiooni inversiooniga, stimuleeritud emissioon ja footonite võimendamine, optilise õõnsuse disain peeglitega ning meditsiiniliste laserite rakendused (CO₂, argoon, Nd:YAG). Kuus integreeritud viktoriini annavad kohest tagasisidet, võimaldades õpilastel visualiseerida nähtamatuid kvantprotsesse ja ühendada aatomifüüsikat kliinilise praktikaga.

1. jagu: Avasta

Aatomid

Milline on aatomi struktuur?

Aatom on materia väikseim osakeetomab keemilisi omadusi. 1 grammis vesinikus, seal on $6022 \cdot 10^{23}$ aatomeid. See sisaldab kolmetüübidelementaarosakestest mis moodustavad aine. Prootonid (positiivselt laetud osakesed) ja neutronid (neutraalselt laetud osakesed) on pakitud tuuma, samas kui väiksemad elektronid (negatiivselt laetud osakesed) tiirlevad ümber tuuma piirkondades, mida nimetatakse elektronkestadeks või energiatasanditeks, luues negatiivse laengu pilve, mis tasakaalustab prootonite positiivset laengut ja määrab aatomi keemilised omadused. Aatomi mass on nende osakeste masside summa, aga kuna elektronid on kergemad, ainult 0,06% aatomi massist on elektronid.



Siiski, elektronid anna aatomi kõik keemilised omadused. Elektronide arv on elemendi aatomnumber. Kvantmehaanika ütleb meile, et aatomi elektronidel võib olla diskreetsel viisil ainult teatud energia.

Energia n -th tase on antud valemiga

$$J A_n = - h c R_{\infty} \frac{K O O S^2}{n^2}$$

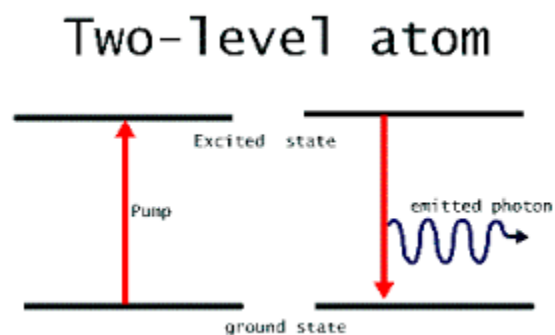
kus h on Plancki konstant, c on valguse kiirus, R_{∞} on Rydbergi valem, ja $K O O S$ on aatomi aatomnumber.

Kui elektron liigub kõrgemalt energiatasemelt madalamale, see kiirgab elektromagnetilise energia kvanti (afooton). Energia on kaasatud tasemete energiate vahe, ja seda kiiratakse sagedusega antud valemiga

$$f = \frac{J A_2 - J A_1}{h}$$

olles E_2 kõrgema taseme (st elektroni algtaseme) energia ja E_1 madalama taseme (st sihttaseme) energia.

Sellist emissiooni nimetatakse **spontaanne võikiirguse emissioon**.





Selle tüüpi emissiooni dünaamika täielikuks mõistmiseks on oluline meelde tuletada aatomi ehituse mõningaid omadusi.

Elektronid alluvad kvantmehaanika seadustele, mis ütlevad meile, et

- me ei suuda osakeste asukohta ja impulssi lõpmatu täpsusega leida (**Heisenbergi määramatuse printsiip**)
- Osakese leidmise tõenäosust teatud positsioonil ruumis saame teada ainult selle abil **Schrödingervõrrand**. Selle võrrandi lahendid annavad meile tõenäosuse kujularuumikoordinaatide funktsioon. Selle tulemusena, saame visualiseerida ruumi tsooni, kus interaktsiooni tõenäosus a-gaosakeonmitte tähtsusetu.

Aatomi elektronide puhul, lahendused Schrödingervõrrandit nimetatakse orbitaalideks.

See **Pauli välistamisprintsiip** lubab ühel orbitaalil paikneda ainult kahel elektronil (üks iga spinni nimelise elektroonilise omaduse suuna kohta), st Schroedingeri võrrandi tingimused on täidetud.

Aatomi energiatasemete struktuur ja nendevahelised üleminekud sõltumane reeglite kohta.

Laseri efekt

Sõna laser on lühend sõnadest Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation ehk valguse võimendamine stimuleeritud kiirguse abil.





Selle nime põhjus tuleneb asjaolust, et kui meil on mõned elektronid kõrgemal tasemel kui minimaalse energiaga tase, Õige sagedusega elektromagnetlainet võib stimuleerida elektronide lagunemist madalamale tasemele. Selle olukorra hämmastav on see, et kiiratud elektromagnetlainel on sama sagedus, faas ja suund. Kui juhtumit stimuleeriv lainet.

See tähendab, et langev valgus on tugevalt võimendatud, kuna

- Sama kiiratud valguse suund viib valguskiire väga madala levikuni (**kollimatsioon**)
- sama faas tähendab, et footonite vahel puudub interferents (**sidusus**)

Selleks, et saavutada väga võimas stimuleeritud emissioon, peame pumpama suure hulga elektronesis samal tasemel ja lase neil laguneda peale alumine korrus koos samal ajal.

Probleem selles olukorras on selles, et kui me pumpame mõned elektronid sisse kõrgem energiatase stimuleeritud energia neeldumise tõttu, aatomid kiirgavad kella sama kiirusega kui pumpamine toimub. Me peame elektronid "lukustama" tasemele, mis ei lagune sama kiirusega kui pumpamine.

Laseri emissioon

Kvantmehaanika seadused, mida rakendatakse elektroonilistele tasemetele, ütlevad meile, et lagunemiskiirus ei ole iga taseme puhul sama. Paartasemeid. Igal üleminekul on iseloomulik lagunemisaeg. Mõned üleminekud on väga





lühike lagunemisaeg (st elektron püsib ülemisel tasemel minimaalselt aega), samas kui teisi üleminekuid ei pruugi toimuda pikka aega.

Süsteem, mis sisaldab teatud aja jooksul palju identseid aatomeid N_2 (mahuühikus) aatomitel on tasemel vähemalt üks elektron n_2 , mis on kõrgema energiaga kui vastav tase n_1 (madalama energiaga), kuhu elektron saab minna.

Aatomite arv N_2 ette see üleminek ($n_2 \rightarrow n_1$) teatud aja jooksul Δt on antud valemiga

$$\frac{\Delta N_2}{\Delta t} = -A_{n_2 n_1} N_2$$

kus number $A_{n_2 n_1}$ on Einsteinkoefitsient ja on spontaanse emissiooni keskmise eluea pöördväärtust t_{keel} elektroni tasemel n_2 .

Pärast eluaega t_{keel} taseme keskmine aatomite arv on $\frac{N_2}{2}$ kus $j = 2, 71828...$ on Njanumbri kohta.

Kui aatomit tabab elektromagnetlaine, mille sagedus on sama, mis aatomi üleminekul, Laine footonid sunnivad aatomit üleminekut läbima.

Põhiline erinevus vahel stimuleeritud emissioon ja Spontaanne emissioon tähendab, et kiiratud footonil on sama faas ja suund kui intensiivne laine.





Ilmselgelt, kiirguse võimendumise saavutame, kui elektronide arv (populatsioon) tasemel 2 on kõrgem kui taseme populatsioon 1.

Kolmetasandiline aatom

Tõhus konfiguratsioonkuni laserseadme saavutamiseks on vaja kasutada mitte ainult kahte aatomi taset (laseri ülemineku taset), aga kolmetasandiline konfiguratsioon saavutamiseks niinimetatud populatsiooni inversioon kõrgel tasemel, kust langeva laine stiimul laseb aatomitel samaaegselt kiirguda.

Selleks, et saavutada populatsiooni inversioon, me peame elektroni tasemele pumpama 1 tasemele 2 õige sagedusega elektromagnetlaine kaudu, mis annab aatomitele hüppeks energiat kuni kõrgem tase.

Kui meil on ainult kaks taset, see elektromagnetiline laine pumpab elektrone alumisele tasemele kuni kõrgem tase kellsama määratlaine stimuleerib emissiooni tasemelt 2 tasandada 1. Me peame elektroni kõrgemale tasemele "lõksu püüdma".

Kasutades aatomi kolme taset, me saame elektroni pumbata sisse kõrgel tasemel (tase 3). Elektron laguneb kiiresti vahepealsel tasemel (tase 2) ja jääb sinna seni, kuni õige sagedusega laine stimuleerib sumbumist tasemel 1.

See protseduur vajab kahte erineva sagedusega stimuleerivat lainet.

Esimesel (pumpaval kiirgusel) on sagedus $f_{31} = \frac{JA_3 - JA_1}{h}$





samas kui teisel (stimuleerival kiirgusel) on sagedus

$$f_{21} = \frac{JA_2 - JA_1}{h}$$

Pumpamislaine põhjustatud populatsiooni inversiooni abil seatakse seade valmisolekusse. Kui meil on laserkiirgust vaja, laseme stimuleerival lainel läbi materjali minna, ja teise taseme elektronid lagunevad kõik korraga, andes tugeva kiirgusemissiooni.

Laseriseadme stimuleeriva langeva laine täielikuks ära kasutamiseks, Aktiivne materjal asub peeglite sees.

Need peeglid moodustavad resonantse õõnsuse, mis võimendab kiirgusemissiooni.

Aktiivse materjali hulgast väljas, nagu rubiin tänapäeva tehnoloogias, Kasutatakse ka dioodlasereid.

2. jagu: Täitmine

Laseriseadme mõistmiseks, me peame keskenduma peal Laserkiirguse peamised omadused:

- **Monokromaatsus:** Kõik kiiratud footonid omamasama sagedus
- **Sidusus:** Kiirgaval lainel on igas sama faaskohtaselle osa.
- **Suunatus:** Kiirgaval lainel on vägatäpselt määratletud suund väga vähesel levikuga
- **Sära:** Kiirgav võimsus üleseepinnaühik ja ruuminurk on väga kõrge





- **Lühike impulss:** Kiirgava valguse kestus võib olla väga lühike

TLaseri monokromaatiline omadus on ehk kõige olulisem. Sellel on mitu olulist rakendust biotehnoloogias. Näiteks võimaldab see võimsuse ülekandmist ainult valitud koele. Selleks on vaja valida ainult laserseade, mille emissioonisagedus on vahemikus, kus bioloogilised koed on tundlikud (st aspetsiifiline lainepikkus, mida sihtkude tugevalt neelab, näiteks hemoglobiin, melaniin või vesi, olenevalt rakendusest).

See**Sidusus**ja**Suunatus**võimaldab teil keskenduda rangelt valitud positsioonile.

See**Sära** võimendabenergia ülekandumine kudedesse.

See**Lühike impulss**See aitab vältida liigse energia ülekandmist kudedesse.

Liitreaalsusharjutuses uurivad õpilased laserkiire teket järjestikuste stseenide abil, mis näitavad aatomiergastust, stimuleeritud emissiooni ja optilise õõnsuse funktsiooni, ning seejärel rakendavad neid teadmisi, vastates viktoriinidele sobiva laseri valiku kohta erinevate meditsiiniliste protseduuride jaoks.





3. jagu: Täiustamine

Näiteks, õpilased oskavad valida laseri kalibreerimiseks õiged aatomtasemedetvõib hävitada kasvajalinenaharakud.

Õpilane valib õiged sagedused, teades, et hävitatavad rakud on teatud sageduste suhtes tundlikud.

Peamised laserite tüübid, mida praegu vähiravis kasutatakse, on järgmised:

- Süsinikdioksiid (**CO₂**)
- Argoon (**Koos**)
- Neodüüm: ütriumalumiiniumgranaat (**Nd: YAG**)

Arstid ja teised tervishoiuekspertid, kes neid lasereid kasutavad, vajavad spetsiaalset väljaõpet nende kasutamise ja ohutu käsitlemise kohta.

Süsinikdioksiid (CO₂) laserid

CO₂-laserid ei tunni sügavale kudedesse nagu Nd:YAG-laserid. Need võivad kude lõigata või aurustada (lahustada) ja põhjustada vähest verejooksu. Need kahjustavad ümbritsevaid või sügavaid kudesid vähe. Neid kasutatakse vähieelsete seisundite ja mõnede varajases staadiumis vähivormide raviks.

Argoonlaserid

Argoonlaserid, nagu ka CO₂-laserid, tungivad kudedesse vaid lühikese vahemaa tagant. Need on kasulikud nahaprobleemide ja teatud tüüpi silmakasvajate ravis. Mõnikord kasutatakse neid kolonoskoopia (jämesoolevähi otsimise testid) ajal polüüpide eemaldamiseks enne nende tekkimist. vähkkasvaja Nadsaab kakasutada koos valgustundlike ravimitega vähirakkude hävitamiseks fotodünaamilise teraapiana (PDT) tuntud ravis.





Teine viis nende kasutamiseks on verejooksu peatamine veresoonte sulgemise teel patsientidel, kes saavad teatud tüüpi vähi tõttu kiiritusravi. See võib olla vajalik, sest mõnikord võib kiiritusravi kahjustada kasvajate lähedal asuvaid veresooni, põhjustades nende rebenemist ja veritsemist.

Nd: YAG (neodüüm: ütrium-alumiinium-granaat) laserid

Selle laseri valgus tungib sügavamale kudedesse kui teist tüüpi laserid ja see võib vere kiiremini hüübima panna. Nd: YAG-lasereid saab kasutada õhukeste painduvate torude, mida nimetatakse endoskoopideks, kaudu, et jõuda raskesti ligipääsetavatesse osadesse kehas, näiteks söögitorusse (neelamistoru) või jämesoolde (käärsool). See valgus võib liikuda ka läbi painduvate optiliste kiudude (õhukesed, läbipaistvad torud), mis on sisestatud kasvajasse, kus valguse kuumus võib selle hävitada.

Vähi ravimine laseritega

Lasereid saab vähi raviks kasutada kahel peamisel viisil:

- Kasvaja kahandamiseks või hävitamiseks kuumusega
- Kemikaali (fotosensibiliseeriva aine) aktiveerimiseks, mis hävitab ainult vähirakke

Lasereid saab kasutada nii üksi kui ka koos teiste vähiravi meetoditega, näitekskeemiaravi(kemoteraapia) või kiiritusravi.

Kasvajate otsene vähendamine või hävitamine

CO₂ ja Nd:YAG lasereid kasutatakse kasvajate vähendamiseks või hävitamiseks. Neid saab kasutada õhukeste, painduvate torudega, mida nimetatakse endoskoopideks. Endoskoobid võimaldavad arstidel näha ja töötada teatud kehaosades, kuhu muidu ei pääseks ligi ilma suuremate operatsioonideta. Endoskoobi kasutamine aitab ka laserkiirt sihtmärgi täpselt tabamiseks positsioneerida.

Siin on mõned näited sellest, kuidas laserid ravivad vähki või vähieelseid





seisundeid

tingimused:

- Kolorektaalsed polüübid: Lasereid saab kasutada väikeste kasvajate eemaldamiseks käärsooles ja pärasooles, mis võivad muutudavähkkasvajanimetatakse polüüpideks.
- Eelvähi ja varajased vähid: Lasereid saab kasutada mõnede naha ja emakakaela eelvähi ning naha varajaste vähivormide raviks.
- Kaugelearenenud vähk: Lasereid võidakse kasutada vähi raviks, mis põhjustab hingamisteede ummistust, hävitades osa kasvajast.
- Ajukasvajad: Laserindutseeritud interstitsiaalset termoteraapiat (LITT) saab kasutada mõnede ajukasvajate raviks. See kasutab soojust kasvajate kahandamiseks, kahjustades rakke või võttes neilt ära eluks vajalikke asju (näiteks hapnikku ja toitu).

Fotodünaamilist teraapiat kasutavad laserid

Enamiku tüüpide puhulfotodünaamiline teraapia(PDT) käigus süstitakse vereringesse spetsiaalne ravim, mida nimetatakse fotosensibiliseerivaks aineks. Aja jooksul imendub see kehakudedesse. Ravim püsib vähirakkudes kauem kui normaalsetes rakkudes.

Fotosensibiliseerivad ained lülitatakse sisse või aktiveeritakse teatud tüüpi valguse abil. Kui fotosensibiliseerivat ainet sisaldavad vähirakud puutuvad kokku argoonlaseri valgusega, põhjustab see keemilise reaktsiooni, mis need rakud hävitab. Valgusega kokkupuudet tuleb hoolikalt ajastada, et seda kasutataks siis, kui suurem osa ainest on tervetest rakkudest lahkunud, kuid on endiselt vähirakkudes.

PDT-d kasutatakse mõnikord söögitoru, sapijuha, põie ja teatud tüüpi kopsuvähi vähi ja eelvähi raviks, mida on võimalik endoskoopidega





avastada.

Seda uuritakse ka kasutamiseks teiste vähivormide korral, näiteks seeaaju, kõhunääre ja eesnääre. Teadlased uurivad erinevat tüüpi lasereid ja uusi fotosensibilisaatoreid, mis võiksid paremini toimida.

Järeldus:

Selles üksuses, uurime laserseadmete peamisi omadusi. Analüüsime aine ja aatomite omadusi. ettegemaseelaserkiire saamine on võimalik.

Me näeme, kuidas kolmetasandiline aatomi konfiguratsioon on populatsiooni inversiooni tekitamiseks parem. Populatsiooni inversioonteodelektronide reservuaarina. Õige sagedusega stimuleerimisel, kõik elektronid kiirgavad tervikuna sama sageduse ja faasiga.

Selline emissioon võimaldab elektromagnetlainet fookuseerimine väikesele alale ja soovitud lühikese impulsi tekitamine võimsuse hulk. Järgnev kuumenemine tabamuseainet võidakse kasutada materjalide sulatamiseks ja keevitamiseks või biomeditsiinis rakendused haigete kudede hävitamiseks või põletamiseks.

Õpilased, AR-i abil, saab uurida kõiki neid omadusi, et saada selge ettekujutus laseriefektiga ja laserseadmete konstruktsiooniga seotud füüsikalistest protsessidest.

Tudengid rakendavad omandatud teadmisi, hinnates kliiniliste stsenaariumide jaoks sobivaid laservalikuid, sealhulgas kudede läbitungimissügavust, pinnatöötlust ja fotodünaamilise teraapia rakendusi.





Faas	Kirjeldus
Avasta	- Uuringud ja avastused: kvantmehaanika ja aatomi konfiguratsioon
	- Sisu arendamine: Aatomitasemed
	- Vajaduste analüüs: elektromagnetism, lained, pooljuhid, diodid, anatoomia.
Käivita	- Õppekava rakendamine: teadmiste kontroll
	- Interaktiivsed harjutused: laserseadmete häälestamine
	- Tagasiside kogumine:
Täiustama	- AR-integratsioon: laserseadme ehitamine
	- Interaktiivne õpe: laserseadme tööks häälestamine
	Mängustatud sisu:
	- Punktid ja märgid: adünaamiline punktisüsteem, kus nad teenige küsimustele vastates punkte või ärge teenige üldse punkte
	- Ülesanded ja tasemed: Seeküsimused Raskusaste võimaldab mõistetega manipuleerida.
	- Auhinnad uurimise eest Punktide teenimise süsteem julgustab nad saaksid oma teadmisi rakendada, et rohkem saavutada punktidega faasis ja lõpuks saavad nad looed tabeli teenitud punktidega.
	- Koostöös mängustatud ülesanded Nad saavad parimate tulemuste saavutamiseks koostööd teha.
	AR-põhised hinnangud: Asenda traditsioonilised testid AR-põhiste hindamistega.

Viited:

Aatomi struktuur ja tasemed: <https://www.youtube.com/watch?v=uiwRhxoZ5sI>

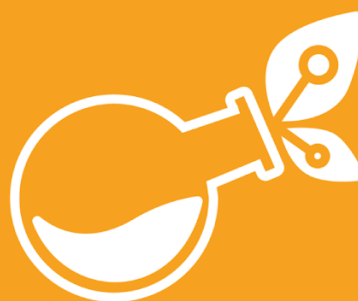
Diodlaser: https://www.youtube.com/watch?v=_I4fyOtyvPg

Vähiravi: <https://www.cancerresearchuk.org/about-cancer/treatment/other/laser-treatment>





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.