



Co-funded by
the European Union

Nanotehnoloogia meditsiinis: molekulidest sihipärase ravini



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."

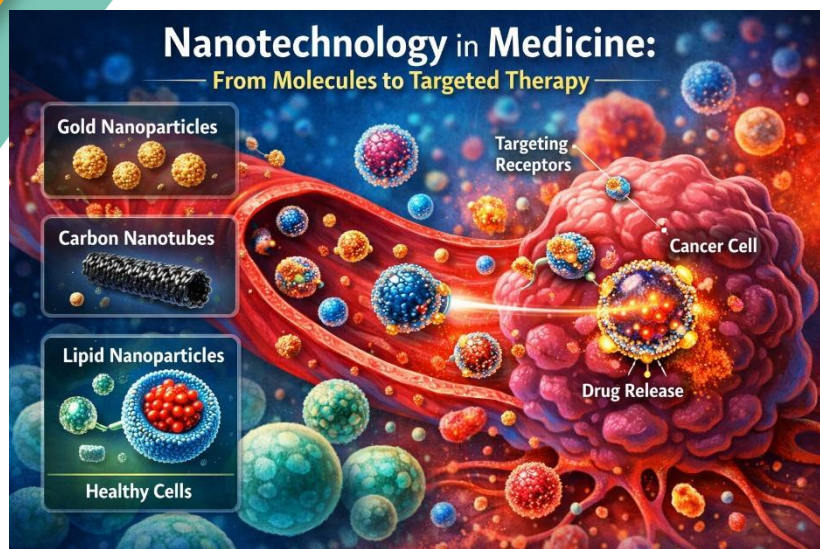


CEIPES Eduact



Sissejuhatus:	6
1. jagu: Avasta	8
2. jagu: Täitmine	12
3. jagu: Täiustamine	15
Järeldus:	16
Viited	18





Õppetee üldine teema	Interdistsiplinaarsed ja tekkivad valdkonnad
Õppeüksuse täpne nimetus	Nanotehnoloogia meditsiinis: molekulidest sihipärase ravini
Sihtühma vanus	16–18-aastased
Õppijale esitatavad nõuded	Sellel õppemoodulil osalevatel õpilastel peaksid olema füüsika, keemia ja bioloogia fundamentaalsete teadusmõistete põhiteadmised, eriti rakkude struktuuri, looduses esineva mastaabi idee ning materia ja energia lihtsate vastastikmõjude kohta. Eelnevad nanotehnoloogiaalased teadmised ei ole vajalikud. Õppijad peaksid suutma töötada väikestes gruppides, osaleda aruteludes ning analüüsida visuaalseid või digitaalseid materjale. Samuti on soovitatavad digitaalsed põhioskused, kuna õpilased suhtlevad multimeediaressursside ja liitreaalsuse rakendusega. Uudishimu teadusliku innovatsiooni vastu ja huvi selle vastu, kuidas tänapäevased tehnoloogiad saavad meditsiinilist ravi parandada, toetab tegevuste sisukat kaasamist.
Õppeüksuse kirjeldus	Selles õppeüksuses uurivad õpilased nanotehnoloogia põhiprintsiipe meditsiinis multidistsiplinaarse lähenemisviisi kaudu, mis integreerib füüsikat, keemiat, bioloogiat ja meditsiiniteadust. Esmalt uurivad õpilased nanoskaala maailma ja nanoosakeste omadusi. Seejärel analüüsivad nad, kuidas nanoosakesed saavad toimida ravimite kandjatena ja kuidas nad bioloogiliste süsteemidega suhtlevad. Lõpuks uurivad nad liitreaalsuse simulatsiooni, mis illustreerib ravimite manustamise ja sihipärase vähiraviga seotud nanoskaala protsesse.





	Selle õpikogemuse kaudu saavad õpilased sügavama arusaama sellest, kuidas tänapäeva teadus tõlgib nanoskaala inseneriteaduse reaalseks meditsiinilisteks rakendusteks.
Teema: Asjaosalised	Pfüüsika, keemia, bioloogia ja meditsiiniteadus
Märksõnad	Nanotehnoloogia Nanomeditsiin Nanoosakesed Sihipärane ravimite kohaletoimetamine Liitreaalsuse õpe
Peamised omandatavad kvalifikatsioonid, oskused ja teadmised	Selle õppeüksuse kaudu arendavad õpilased interdistsiplinaarseid teadmisi füüsika, keemia, bioloogia ja meditsiiniteaduse ristumiskohas. Nad omandavad arusaama nanoskaala mõõtmetest, nanoosakeste ainulaadsetest omadustest ja nanomeditsiini põhimõtetest, eriti tänapäevastes vähiravides kasutatavatest sihipärastest ravimite manustamissüsteemidest. Õpilased tugevdavad teaduslikku mõtlemist ja analüüsioskusi visuaalsete mudelite tõlgendamise, teaduslike protsesside analüüsimise ja reaalse biomeditsiinirakenduste arutamise kaudu. Tegevused edendavad ka koostööl põhinevat probleemide lahendamist, kriitilist mõtlemist ja suhtlemist rühmauuringute ja esitluste kaudu. Lisaks omandavad õppijad digitaalseid pädevusi multimeediaressursside ja liitreaalsuse simulatsioonidega suheldes. Üldiselt toetab üksus STEM-kirjaoskuse ja teadlikkuse arendamist tulevase tervishoidu ja biomeditsiinalaseid uuringuid kujundavatest uutest tehnoloogiatest.
Kasutatud ressursid ja didaktilised abivahendid	Õppeüksus kasutab õpilaste kaasamiseks ja nanomeditsiini mõistmise parandamiseks mitmesuguseid multimeedia- ja interaktiivseid ressursse. Visuaalsete abivahendite hulka kuuluvad diagrammid, mis võrdlevad bioloogilisi struktuure ja nanoskaalaosakesi, 3D-animatsioonid, mis illustreerivad nanoosakeste käitumist, ja teaduslikud videod, mis selgitavad ravimite manustamismehhanisme. Töölehed ja struktureeritud tegevuslehed juhendavad õpilasi põhimõistete kaudu, tagades aktiivse osalemise ja refleksiooni. Liitreaalsuse (AR) rakendused võimaldavad nanoskaala protsesside kaasahaaravat visualiseerimist, võimaldades õppijatel muutujaid manipuleerida ja ravimite manustamist reaajas jälgida. Koostöövahendid, nagu jagatud digitaalsed tahvlid ja grupiarutelu teemad, toetavad meeskonnatööd ja kriitilist analüüsi. Lisaressursside hulka kuuluvad teadusartiklid, teadusandmebaasid ja kureeritud veebimaterjalid,





	mis pakuvad ajakohaseid näiteid nanotehnoloogia rakendustest meditsiinis. Need abivahendid toetavad üheskoos multisensorset, interaktiivset ja uurimuslikku õppemeetodit.
Hindamiskriteeriumid ja hindamine	Õpilasi hinnatakse formatiivsete ja summatiivsete meetodite kombinatsiooni abil, mis hindavad nii nanomeditsiini kontseptsioonide mõistmist kui ka rakendamist. Teadmispõhine hindamine hõlmab teste nanoosakeste tüüpide, ravimite manustamise etappide ja sihipäraste ravimehhanismide kohta. Praktiline hindamine hindab osalemist rühmategevustes, töölehtede täitmise täpsust ning võimet tulemusi analüüsida ja esitada. Liitreaalsusel põhinevad ülesanded toimivad interaktiivsete hindamistena, kus õpilased näitavad arusaamist simulatsioonide manipuleerimise, vaadeldud protsesside selgitamise ja stsenaariumipõhiste probleemide lahendamise kaudu. Kriitilist mõtlemist ja refleksiooni hinnatakse arutelude kaudu nanotehnoloogia eetiliste, ohutusalaste ja ühiskondlike tagajärgede üle meditsiinis. Hindamine rõhutab nii individuaalset arusaamist kui ka koostööoskusi, premeerides täpseid kontseptuaalseid selgitusi, loovust probleemide lahendamisel ning aktiivset kaasamist digitaalsete ja liitreaalsuse tööriistadega. Tagasiside on pidev, suunates arengut ja tugevdades õpitulemusi.





Sissejuhatus:

Nanotehnoloogia on üks revolutsioonilisemaid arenguid tänapäeva teaduses ja meditsiinis. Aine manipuleerimise abil nanoskaalas – tavaliselt 1 kuni 100 nanomeetrit – saavad teadlased luua materjale ja seadmeid, millel on ainulaadsed omadused, mis erinevad oluliselt suuremates skaalades täheldatutest. Need nanoskaalas struktuurid saavad bioloogiliste süsteemidega suhelda väga spetsiifilisel viisil, avades uusi võimalusi haiguste diagnoosimiseks, raviks ja ennetamiseks.

Meditsiin on patsientide ravitulemuste parandamiseks alati toetunud tehnoloogilisele innovatsioonile. Viimastel aastakümnetel on nanotehnoloogiast saanud peamine vahend täiustatud ravistrateegiate väljatöötamisel, eriti sellistes valdkondades nagu vähiravi, ravimite manustamine ja biomeditsiiniline pildistamine. Nanoosakesed võivad toimida kandjatena, mis transpordivad ravimeid otse haigetes rakkudes, minimeerides samal ajal tervete kudede kahjustusi.

Traditsioonilistel ravimeetoditel, eriti keemiaravil, on sageli märkimisväärsed kõrvalmõjud, kuna ravimid ringlevad kogu kehas. Nanotehnoloogia eesmärk on neist piirangutest üle saada, võimaldades sihipärast ravimite kohaletoimetamist, kus terapeutilised molekulid transporditakse kindlatesse rakkudes või kudedesse.

Selles õppemoodulis uurivad õpilased nanotehnoloogia põhiprintsiipe meditsiinis multidistsiplinaarse lähenemisviisi kaudu, mis integreerib füüsikat, keemiat, bioloogiat ja meditsiiniteadust. Moodul on üles ehitatud vastavalt 3E pedagoogilisele mudelile: uuri, teosta, täiusta.

Esmalt uurivad õpilased nanoskaala maailma ja nanoosakeste omadusi. Seejärel analüüsivad nad, kuidas nanoosakesed saavad toimida ravimite kandjatena ja kuidas nad bioloogiliste süsteemidega suhtlevad. Lõpuks uurivad nad liitreaalsuse simulatsiooni, mis illustreerib ravimite manustamise ja sihipärase vähiraviga seotud nanoskaala protsesse.

Selle õpikogemuse kaudu saavad õpilased sügavama arusaama sellest, kuidas tänapäeva teadus tõlgib nanoskaala inseneriteaduse reaalseks meditsiinilisteks rakendusteks.





Teaduslik taust: nanomeditsiin

Mis on nanomeditsiin?

Nanomeditsiin on nanotehnoloogia rakendamine meditsiiniteaduses. See hõlmab nanoskaala materjalide ja seadmete kasutamist haiguste diagnoosimiseks, jälgimiseks ja raviks.

Nanomeditsiin hõlmab mitmeid olulisi valdkondi:

- sihipärane ravimite kohaletoimetamine
- meditsiiniline pildistamine ja diagnostika
- koetehnoloogia
- regeneratiivne meditsiin
- nanoskaala biosensorid

Kuna nanoosakesed on äärmiselt väikesed, saavad nad otse suhelda bioloogiliste molekulidega, nagu valgud, DNA ja rakumembraanid.

Miks suurus on oluline

Nanoskaala mõõde on kriitilise tähtsusega, kuna see vastab bioloogiliste struktuuride skaalale.

Näiteks:

Struktuur	Ligikaudne suurus
Inimese juuksed	80 000–100 000 nm
Punased verelibled	7000 nm
Viirus	100 nm
Valk	10 nm
Nanoosakeste	1–100 nm

Seega on nanoosakesed piisavalt väikesed, et veresoontes ringelda ja üksikute rakkudega suhelda.

Nanoskaalas on materjalidel ainulaadsed omadused tänu:

- suur pinna ja mahu suhe
- suurenenud keemiline reaktsioonivõime
- kvantefektid
- täiustatud optilised omadused

Need omadused võimaldavad nanoosakestel täita funktsioone, mis on suuremate osakeste puhul võimatud.

Meditsiinis kasutatavate nanoosakeste tüübid

Nanomeditsiinis kasutatakse tavaliselt mitut tüüpi nanoosakesi.

Kulla nanoosakesed

Kulla nanoosakestel on erilised optilised omadused ja neid kasutatakse laialdaselt järgmistel eesmärkidel:





- meditsiiniline pildistamine
- vähi avastamine

- fototermiline teraapia

Nad suudavad valgust neelata ja selle soojuseks muuta, mida saab kasutada kasvajarakkude hävitamiseks.

Süsiniknanotorud

Süsiniknanotorud on silindrilised süsinikstruktuurid, millel on märkimisväärne tugevus ja juhtivus.

Rakendused hõlmavad järgmist:

- narkootikumide transport
- biosensorid
- koetehnoloogia

Nende õõnes struktuur võimaldab neil molekule bioloogilises keskkonnas kanda.

Liposoomid

Liposoomid on sfäärilised vesiikulid, mis koosnevad bioloogiliste membraanidega sarnastest lipiidsetest kaksikkihist.

Need on eriti kasulikud järgmistel juhtudel:

- ravimi kapseldamine
- kontrollitud ravimi vabanemine
- sihipärane teraapia

Liposoomid võivad kaitsta ravimeid lagunemise eest, transportides neid vereringesse.

1. jagu: Avasta

Nanoskaala maailma avastamine

Avastamise etapp on loodud õpilaste uudishimu ergutamiseks ja nende eelnevate teadmiste aktiveerimiseks mateeria, mastaabi ja meditsiinitehnoloogia kohta. Tunni alguses tutvustab õpetaja teemat lihtsa, kuid mõjuva küsimusega:

„Kui väikeseks võib tehnoloogia muutuda ja mis juhtub, kui saavutame bioloogiliste molekulide suuruse?“

Õpilasi julgustatakse mõtisklema selle üle, kuidas tänapäeva teadus üha enam äärmiselt väikeses mastaabis toimib ja kuidas see võib meditsiini





mõjutada. Kaasamise hõlbustamiseks esitleb õpetaja rea pilte ja lühikesi animatsioone, mis illustreerivad nanoskaala nähtusi ja bioloogilisi struktuure. Selle etapi eesmärk ei ole veel formaalsete selgituste andmine, vaid pigem õpilaste julgustamine vaatlema, küsimusi esitama ja hüpoteese püstitama.

Kaasamisvideo

Tund algab lühikeste videotega, mis tutvustavad ideed, et nanoskaala tehnoloogia võib meditsiinis revolutsiooni teha.

<https://www.youtube.com/watch?v=emEua2eJp1U&t=3s>

Nanopartiklite ravimite manustamine vähiravis (3D teadusanimatsioon)

See video aitab õpilastel visualiseerida, kuidas füüsikalised protsessid ja bioloogilised süsteemid omavahel mikroskoopilisel ja nanoskoopilisel skaalal suhtlevad. Nende interaktsioonide mõistmine on oluline, et mõista, kuidas nanoosakesed inimkehas käituvad. Uuringud näitavad, et nanotehnoloogia võimaldab uusi strateegiaid ravimite transportimiseks otse haigetes kudedesse, minimeerides samal ajal tervete rakkude kahjustusi.

Ajurünnak: Teadus igapäevaelus

Õpilased jagatakse väikestesse rühmadesse ja neil palutakse leida näiteid teaduslikest tehnoloogiatest, mis suhtlevad bioloogiliste süsteemidega. Näited võivad hõlmata järgmist:

- vaktsiinid
- meditsiinilise pildistamise tehnikad
- diagnostilised testid
- kantavad biosensorid

Rühmad kirjutavad oma ideed ühisele tahvlile ja selgitavad lühidalt, kuidas tehnoloogia aitab haigusi diagnoosida või ravida. Seejärel tutvustab õpetaja kontseptsiooni, et nanotehnoloogia esindab järgmist piiri selles tehnoloogilises evolutsioonis.

Tegevus: Nanoskaala visualiseerimine

Üks õpilaste suurimaid kontseptuaalseid raskusi on nanoskaala tegeliku väiksuse mõistmine. Selle probleemi lahendamiseks esitab õpetaja visuaalse võrdluse erinevate bioloogiliste ja füüsikaliste struktuuride vahel.

Õpilased uurivad diagramme, võrreldes neid:

- inimese juuksed
- rakud





- viirused
- nanoosakesed

Aruteluküsimused:

Seejärel palutakse õpilastel vastata suunavatele küsimustele:

- Miks on nanoskaala sarnane bioloogiliste struktuuride skaalaga?
- Miks nanoosakesed võivad rakkudega kergemini suhelda kui suuremad osakesed?
- Miks sobivad nanoosakesed meditsiiniliseks kasutamiseks?
- Kuidas nanoosakesed saavad veresoontes liikuda?

See arutelu aitab õpilastel mõista, et **Nanoskaala vastab täpselt bioloogiliste protsesside skaalale**, mis selgitab, miks nanotehnoloogia on meditsiinis nii paljulubav.

Tegevus: Igapäevane nanotehnoloogia

Õpilased töötavad rühmades, et uurida nanotehnoloogia kasutamise näiteid meditsiinis, näiteks:

- nanoosakestel põhinev vähiravi
- vaktsiinides kasutatavad lipiidide nanoosakesed
- nanosensorid haiguste tuvastamiseks
- nanomaterjalid regeneratiivses meditsiinis

Õpilased võtavad oma järeldused kokku lühikeses esitluses. Eesmärk on rõhutada, et nanomeditsiin on väga interdistsiplinaarne valdkond, mis ühendab füüsikat, keemiat, bioloogiat ja inseneriteadust.

Nanomeditsiini eetilised ja ohutusküsimused

Kuigi nanotehnoloogia pakub palju eeliseid, tekitab see ka olulisi eetilisi ja ohutuslaseid küsimusi. Uurimisfaas lõpeb klassiruumis toimuva aruteluga uute meditsiinitehnoloogiate eetiliste tagajärgede üle.

Õpilased uurivad võimalikke probleeme, näiteks:

- nanoosakeste toksilisus
- pikaajaline akumulatsioon organismis
- keskkonnamõju





Co-funded by
the European Union

- ebavõrdne juurdepääs täiustatud ravile

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."





Kuna nanoosakesed on äärmiselt väikesed, võivad nad bioloogiliste süsteemidega ootamatutel viisidel suhelda.

Võimalike murede hulka kuuluvad:

- toksilisus
- kogunemine organitesse
- keskkonnamõju

Teadlased peavad nanoosakesi hoolikalt testima, et tagada nende ohutus meditsiiniliseks kasutamiseks.

Eetilised kaalutlused

Nanomeditsiinitehnoloogiate arendamisel tekib mitmeid eetilisi küsimusi.

Patsiendi ohutus

Uued ravimeetodid peavad enne patsientidel kasutamist läbima ranged kliinilised uuringud.

Ligipääsetavus ja võrdsus

Täiustatud meditsiinitehnoloogiad võivad olla kallid, mis tekitab muret tervishoiuteenuste võrdse kättesaadavuse pärast.

Privaatsus ja andmekaitse

Nanotehnoloogia võib võimaldada täiustatud biosensorite loomist, mis on võimelised jälgima bioloogilisi signaale. See tekitab küsimusi meditsiiniliste andmete privaatsuse kohta.

Vastutustundlik innovatsioon

Teadlased peavad innovatsiooni tasakaalustama eetilise vastutusega, tagades, et tehnoloogiad tooksid ühiskonnale kasu, minimeerides samal ajal riske.





2. jagu: Täitmine

Nanopartiklite ravimite kohaletoimetamise süsteemid

Täitmise etapis liiguvad õpilased uurimiselt nanomeditSiini aluseks olevate teaduslike mehhanismide sügavamale analüüsile. Tähelepanu keskmes on arusaam sellest, kuidas nanoosakesed saavad toimida ravimite manustamissüsteemidena, mis on võimelised transportima terapeutilisi molekule kehas kindlatesse kohtadesse.

Traditsiooniline meditsiiniline ravi tugineb sageli ravimitele, mis ringlevad kogu vereringes. Kuigi see lähenemisviis on haiguste ravis tõhus, tekitab see sageli tõsiseid kõrvaltoimeid, kuna ravimiga puutuvad kokku ka terved koed.

Nanotehnoloogia pakub sellele probleemile lahenduse sihipärase ravimite kohaletoimetamise kaudu. Nanoosakesi saab konstrueerida ravimite selektiivseks transportimiseks haigetes kudedesse, suurendades ravi efektiivsust ja vähendades toksilisust.

Ravimite kohaletoimetamise protsess

Õpilased uurivad nanoosakeste ravimite manustamise kolme peamist etappi.

1. etapp – nanoosakeste disain

Teadlased kujundavad nanoosakesi spetsiifiliste omadustega, mis määravad nende käitumise kehas. Olulised parameetrid on järgmised:

- osakeste suurus
- kuju
- pinnakeemia
- elektrilaeng

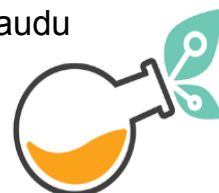
Need omadused mõjutavad seda, kuidas nanoosakesed veres ringlevad, rakkudega suhtlevad ja sihtkudedesse jõuavad.

2. etapp – ravimite laadimine

Kui nanoosakeste struktuur on loodud, laaditakse see terapeutiliste molekulidega.

Näiteks:

- Liposoomid kapseldavad ravimeid lipiidse kaksikkihi sisse, mis sarnaneb bioloogiliste membraanidega.
- Polümeersed nanoosakesed seovad ravimimolekule oma pinnaga.
- Süsiniknanotorud saavad oma õõnsa silindrilise struktuuri kaudu molekule kanda.





See etapp tagab, et ravim püsib kehas liikudes stabiilsena.

3. etapp – kontrollitud ravimi vabanemine

Pärast sihtkoesse jõudmist vabastab nanoosake ravimi.

Ravimite vabanemist võivad käivitada keskkonnategurid, näiteks:

- pH muutused kasvaja keskkonnas
- spetsiifilised ensüümid
- temperatuurierinevused
- välised stiimulid, näiteks valgus või magnetväljad

Kontrollitud vabanemine võimaldab ravimil toimida täpselt seal, kus seda vaja on.

Sihipärane vähiravi

Vähirakud esitlevad oma pinnal sageli spetsiifilisi valke, mida nimetatakse retseptoriteks. Teadlased disainivad nanoosakesi molekulidega, mida nimetatakse ligandideks ja mis seonduvad selektiivselt nende retseptoritega.

See interaktsioon järgib luku-võtme mudelit, mis on molekulaarbioloogias tavaliselt kasutatav kontseptsioon.

Kui nanoosake kohtub vähirakuga:

1. Ligand seonduv retseptoriga.
2. Nanoosake kinnitub rakumembraanile.
3. Rakk omastab nanoosakese.
4. Ravim vabaneb kasvajakaraku sees.

Kuna tervetel rakkudel need retseptorid puuduvad, suhtlevad nad nanoosakestega palju vähem. Selle tulemusena saab sihipärase nanoteraapia abil oluliselt vähendada tervete kudede kahjustusi.

Õpilaste tegevused

Õpilased töötavad struktureeritud töölehtede abil, mis kinnistavad põhimõisteid.

Tegevused hõlmavad järgmist:

- Bioloogiliste struktuuride järjestamine suuruse järgi
- nanoosakeste tüüpide sobitamine nende rakendustega
- ravimite manustamise etappide kirjeldamine
- retseptori ja ligandi interaktsioonimehhanismi selgitamine

Need harjutused aitavad õpilastel abstraktseid teaduslikke ideid konkreetseks arusaamaks tõlkida.

Õpilastele mõeldud töölehed

Tööleht 1 – Skaala mõistmine





1. Järjesta järgmised struktuurid suurimast väikseimani:
 - viirus
 - inimese juuksed
 - nanoosake
 - punane verelibele
2. Miks on nanoskaala suurus meditsiinilistes rakendustes kasulik?

Tööleht 2 – Nanoosakeste tüübid

Ühenda iga nanoosakeste tüüp selle funktsiooniga:

Nanoosakeste	Funktsioon
--------------	------------

Kuldsed nanoosakesed	
----------------------	--

Süsiniknanotorud	
------------------	--

Liposoomid	
------------	--

Tööleht 3 – Ravimite manustamise protsess

Kirjeldage nanoosakeste abil ravimite manustamise kolme etappi.

- 1.
- 2.
- 3.

Selgitage, miks sihipärane ravimite manustamine vähendab kõrvaltoimeid.

Tööleht 4 – Vähi sihtimine

Selgitage, kuidas nanoosakesed vähirakke ära tunnevad.

Kirjeldage suhtlust luku ja võtme mudeli abil.

Tööleht 5 – Küsimused refleksiooniks

1. Milliseid eeliseid pakub nanotehnoloogia meditsiinis?
2. Milliseid võimalikke riske peaksid teadlased arvestama?





3. jagu: Täiustamine

Liitreaalsus sügavama mõistmise saavutamiseks

Täiustusfaas integreerib liitreaalsuse tehnoloogiaid, et laiendada õpilaste arusaamist kaugemale sellest, mida saab jälgida traditsiooniliste katsete abil. Liitreaalsus võimaldab õpilastel visualiseerida nanoskaala protsesse, mida ei saa otse jälgida.

AR-harjutuses „*Nanotehnoloogia meditsiinis: molekulidest sihipärase teraapiani*”, õpilased suhtlevad nanoosakeste käitumist illustreeriva stseenide jadaga.

AR 1. stseen – Sissejuhatus

Õpilased skannivad AR-markerit tahvelarvuti või nutitelefoni abil.

Kolmemõõtmeline animatsioon tutvustab nanomediitsiini kontseptsiooni ja illustreerib, kuidas nanoosakesed vereringes liiguvad.

AR-stseen 2 – skaalade võrdlus

Õpilased vaatavad interaktiivset visualiseeringut, mis võrdleb:

- inimese juuksed
- punased verelibled
- viirused
- nanoosakesed

See stseen tugevdab suhtelise skaala kontseptsiooni, aidates õpilastel paremini mõista, kuidas nanoosakesed bioloogiliste süsteemidega suhtlevad.

AR 3. stseen – Nanoosakeste tüübid

Õpilased uurivad kolme levinud nanoosakeste tüübi 3D-mudeleid:

- kulla nanoosakesed
- süsiniknanotorud
- liposoomid

Iga konstruktsiooni saab pöörata ja uurida erinevate nurkade alt.

Lühike viktoriin küsib õpilastelt:

Milline nanoosakeste tüüp kapseldab ravimeid lipiidmembraani sisse?

Õige vastus: liposoomid

AR 4. stseen – Ravimite manustamismehhanism

Õpilased jälgivad kogu ravimite manustamise protsessi:

1. tühi nanoosake
2. ravimiga laetud nanoosake





3. nanoosakeste jõudmine sihtkoesse

4. ravimi vabanemine

Interaktiivsed elemendid võimaldavad õpilastel iga sammu käivitada.

Viktoriiniküsimus tugevdab kontseptsiooni:

Mis on nanoosakeste abil ravimite manustamise peamine eelis?

Õige vastus: sihipärane ravi väiksemate kõrvaltoimetega

AR 5. stseen – Vähirakkude sihtimine

Õpilased jälgivad nanoosakeste seondumist kasvajakude retseptoritega.

See visualiseerimine illustreerib retseptori ja ligandi äratundmise mehhanismi ning näitab, kuidas nanoosakesed sisenevad vähirakkudesse.

Viktoriiniküsimus:

Kuidas nanoosakesed vähirakke ära tunnevad?

Õige vastus: spetsiifiline retseptori-ligandi interaktsioon

AR 6. stseen – Lõplik hindamine

Liitreaalsuse tegevus lõpeb lühikese interaktiivse viktoriiniga, milles vaadatakse üle üksuse jooksul õpitud põhimõisted.

Õpilased mõtisklevad selliste küsimuste üle nagu:

- Kuidas nanotehnoloogia parandab meditsiinilist ravi?
- Miks on nanoskaalas inseneriteadus tänapäeva meditsiini jaoks oluline?
- Millised väljakutsed jäävad ohutute nanomeditsiinitehnoloogiate arendamisel püsima?

Õppimise mõju

Liitreaalsus parandab õppimist järgmiselt:

- nähtamatute protsesside nähtavaks muutmine
- kontseptuaalse mõistmise parandamine
- õpilaste kaasatuse suurendamine
- teoreetiliste teadmiste ühendamine reaalsete rakendustega

Selle kaasahaarava kogemuse kaudu saavad õpilased sügavama arusaama sellest, kuidas nanoskaalas teadus tervishoidu muudab.

Järeldus:

Nanotehnoloogia muudab tänapäeva meditsiini, võimaldades uusi lähenemisviise diagnoosimiseks ja raviks.

Selles õppemoodulis uurisid õpilased nanoskaala struktuure, nanoosakeste tüüpe ja ravimite kohaletoimetamise mehhanisme. Nad





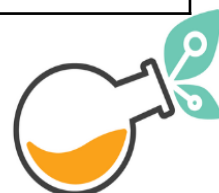
õppisid, kuidas nanoosakesed saavad ravimeid otse haigetesse rakkudesse transportida ja kahjulikke kõrvalmõjusid vähendada.

Liitreaalsuse integreerimine pakkus kaasahaaravat kogemust, mis võimaldas õpilastel visualiseerida nanoskaala protsesse ja mõista, kuidas nanoosakesed bioloogiliste süsteemidega suhtlevad.

Nanomeditsiin on võimas näide interdistsiplinaarsest teadusest, mis ühendab füüsika, keemia, bioloogia ja inseneriteaduse reaalsete meditsiiniliste väljakutsete lahendamiseks.

Nende põhimõtete mõistmine valmistab õpilasi ette tulevasteks õpinguteks ja karjääriks sellistes tekkivates teadusvaldkondades nagu biomeditsiinitehnika, farmaatsiateadus ja nanotehnoloogia.

Faas	Kirjeldus
Avasta	- Uuringud ja avastused: Õpilased uurivad nanotehnoloogia näiteid igapäevaelus ja meditsiinis, näiteks nanoosakestel põhinevaid vaktsiine, diagnostilisi biosensoreid ja ravimite manustamissüsteeme. Juhendatud internetiuuringute ja klassiruumis toimuvate arutelude kaudu uurivad nad, kuidas nanoskaalas materjalid bioloogiliste süsteemidega suhtlevad ja miks on suurus meditsiinilistes rakendustes oluline.
	- Sisu arendus: Õpetajad tutvustavad nanoskaala ja nanomeditsiini kontseptsiooni visuaalsete võrdluste (inimese juuksed, punased verelibled, viirused, nanoosakesed) ja lühikeste teadusvideote abil, mis selgitavad nanoosakeste ravimite kohaletoimetamist ja nanotehnoloogiat tervishoius. Diagrammid, animatsioonid ja kontseptuaalsed mudelid aitavad õpilastel visualiseerida struktuure, mida ei saa otseselt jälgida.
	- Vajaduste analüüs: Õpetajad hindavad õpilaste eelnevaid teadmisi skaala, rakkude ja biomeditsiinitehnoloogiate kohta. Õpilased jagavad oma esialgseid ideid selle kohta, kuidas ravimid kehas liiguvad, ja arutavad võimalikke väärarusaamu nanotehnoloogia kohta, näiteks mikro- ja nanoskaala mõõtmete segiajamist.
Käivita	- Õppekava rakendamine: Õpilased uurivad, kuidas nanoosakesi disainitakse ja kasutatakse sihipärastes ravimite manustamissüsteemides. Juhendatud tegevuste ja töölehtede abil analüüsivad nad erinevat tüüpi nanoosakeste (kuldnanoosakesed, süsiniknanotorud, liposoomid) struktuuri ja funktsiooni ning uurivad, kuidas ravimeid saab laadida ja vabastada kindlates sihtkohtades..
	- Interaktiivsed harjutused: Õpilased töötavad rühmades, et täita struktureeritud õppetegevusi, sealhulgas järjestada bioloogilisi struktuure suuruse järgi, sobitada nanoosakeste tüüpe nende funktsioonidega ja kirjeldada nanoosakestel põhinevate ravimite manustamise etappe. Rühmad analüüsivad ühiselt nanoosakestel põhinevate vähiravide juhtumianalüüse.
	- Tagasiside kogumine: Õpilased esitlevad oma tulemusi klassile ja arutavad nanomeditsiini eeliseid ja piiranguid. Õpetajad suunavad mõtisklusi selle üle, kuidas sihipärased ravimeetodid saavad vähendada kõrvaltoimeid võrreldes traditsiooniliste ravimeetoditega. Eakaaslaste arutelu aitab selgitada arusaamatusi ja kinnistada põhimõisteid.
Täiustama	- Liitreaalsuse integreerimine: Õpilased kasutavad liitreaalsuse (AR) rakendust nanomeditsiini nanoskaala struktuuride ja protsesside visualiseerimiseks. Liitreaalsuse kogemus hõlmab stseene, mis näitavad nanoskaala suuruste võrdlusi, nanoosakeste tüüpe ja sihipärase ravimite manustamise mehhanismi kehas.





	- Interaktiivne õpe: Liitreaalsuse simulatsioonide abil jälgivad õpilased, kuidas nanoosakesed liiguvad veresoontes, seonduvad vähirakkude spetsiifiliste retseptoritega ja vabastavad ravimeid sihtkudedesse. Nad saavad manipuleerida selliste muutujatega nagu nanoosakeste tüüp või ravimite vabanemise mehhanism ja jälgida sellest tulenevaid muutusi.
	Mängustatud sisu: - Punktid ja märgid: Õpilased teenivad punkte ja digitaalseid märke AR-viktoriini küsimustele õigesti vastamise, nanoosakeste tüüpide tuvastamise ja nanomediitsiini õppetegevuste läbimise eest. - Ülesanded ja tasemedRühmad lahendavad progressiivseid liitreaalsuse väljakutseid, näiteks tuvastavad nanoskaala struktuure, selgitavad ravimite manustamise etappe ja lahendavad vähiraviga seotud juhtumipõhiseid stsenaariume. - Auhinnad uurimise eestLisapunkte antakse, kui õpilased leiavad nanotehnoloogia uusi reaalseid rakendusi meditsiinis või pakuvad välja uuenduslikke ideid tulevaste nanomediitsiinitehnoloogiate jaoks. - Koostöös mängustatud ülesanded: Meeskonnad töötavad koos AR-põhiste missioonide lahendamiseks, näiteks tõhusa nanoosakestel põhineva ravimite manustamissüsteemi kavandamiseks või konkreetse meditsiinilise probleemi jaoks kõige sobivama nanoosakeste tüübi valimiseks. AR-põhised hinnangud:Õpilased näitavad oma arusaamist, täites liitreaalsusega juhitud ülesandeid ja koostades lühikesi aruandeid, mis selgitavad, kuidas nanoosakesed bioloogiliste süsteemidega suhtlevad ja kuidas sihipärased ravimeetodid toimivad.

Viited

Whitesides, G. (2018). *Nanoscience and Nanotechnology*. Harvard University Press.

European Commission (2022). *Nanotechnology in Healthcare*.

De Jong, W. H., & Borm, P. J. A. (2008). Drug delivery and nanoparticles: Applications and hazards. *International Journal of Nanomedicine*.

Kumar, M., & Pathak, D. (2025). Nanotechnology-based nanoemulsion delivery systems for targeted drug delivery. *Pharmaceutical Nanotechnology*.

Ashraf, M., Zulfiqar, F., & Ijaz, U. (2025). Applications of nanoparticles in novel drug delivery systems. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*

Peer, D. et al. (2007). Nanocarriers as an emerging platform for cancer therapy. *Nature Nanotechnology*.





Ferrari, M. (2005). Cancer nanotechnology: Opportunities and challenges. Nature Reviews Cancer.

Freitas, R. (2005). Nanomedicine, Volume I: Basic Capabilities. Landes Bioscience.

National Nanotechnology Initiative (NNI). (2023). Nanotechnology and medicine.

NISE Network. Introduction to Nanomedicine Educational Video.

Uchegbu, I. (2024). Advances in nanotechnology drug delivery systems. ELRIG Drug Discovery Conference.

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

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

<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.