

Loreta Juškaite

E-STUDIJU TEHNOLOĢIJAS INTENSĪVĀM IZLĪDZINOŠĀM MĀCĪBĀM

Promocijas darbs



RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE
Datorzinātnes, informācijas tehnoloģijas un enerģētikas fakultāte
Digitālo humanitāro zinātņu institūts

RTU LIEPĀJAS AKADĒMIJA

Loreta Juškaite

Doktora studiju programmas “E-studiju tehnoloģijas un pārvaldība” doktorante

E–STUDIJU TEHNOLOĢIJAS INTENSĪVĀM IZLĪDZINOŠĀM MĀCĪBĀM

Promocijas darbs

Zinātniskie vadītāji:

asocētais profesors *Dr. phys.* ATIS KAPENIEKS

profesore *Dr. paed.* ALĪDA ZIGMUNDE

RTU Izdevniecība

Rīga 2026

ANOTĀCIJA

Loretas Juškaites promocijas darbs izglītības zinātņu nozares pedagoģijas apakšnozarē “E-studiju tehnoloģijas intensīvām izlīdzinošām mācībām” izstrādāts Rīgas Tehniskās universitātes Datorzinātnes, informācijas tehnoloģijas un enerģētikas fakultātē Dr. phys. Ata Kapenieka un Dr. paed. Alīdas Zigmundes zinātniskajā vadībā.

Promocijas darbā analizēta e-studiju tehnoloģiju izmantošana intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) organizēšanā fizikā pārejas posmā no vidusskolas uz augstskolu. Pētījuma aktualitāti nosaka nepieciešamība uzlabot izglītojamo sagatavotību studijām *STEM* jomās un nodrošināt efektīvu pedagoģisko atbalstu pārejas posmā starp izglītības līmeņiem.

Promocijas darba mērķis ir izpētīt pedagoģiskā procesa e-ekosistēmu intensīvām izlīdzinošām mācībām fizikā, analizēt izglītojamo kognitīvos mācību sasniegumus un izstrādāt e-studiju tehnoloģijās balstītu pedagoģiskā procesa ekosistēmas modeli mācību atbalstam pārejā no vidusskolas uz augstskolu.

Pētījumā izmantots teorētisko un empīrisko metožu kopums: zinātniskās literatūras analīze, izglītības politikas dokumentu analīze, pedagoģiskais eksperiments, tiešsaistes testēšana, izglītojamo mācību sasniegumu diagnostika un statistiskā datu analīze. Datu apstrādei un vizualizācijai izmantoti statistiskās analīzes rīki, tostarp *IBM SPSS Statistics*, *R*, *ITEMAN*, *Microsoft Excel*, *Tableau*, u. c.

Pētījuma empīrisko bāzi veido 620 Rīgas Tehniskās universitātes intensīvo sagatavošanas kursu dalībnieki, kuri tika iesaistīti intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) modeļa izstrādē, ieviešanā un izvērtēšanā. Izstrādātā modeļa aprobācijā papildus piedalījās 42 vispārējās vidējās izglītības fizikas skolotāji un 120 Rīgas vidusskolu 12. klašu skolēni. Savukārt diagnosticējošo tiešsaistes testu un mācību uzdevumu sistēmas izstrādes vajadzībām tika veikta valsts diagnosticējošo darbu fizikā rezultātu analīze, aptverot vairāk nekā 5000 skolēnu darbus. Šo datu analīze nodrošināja pamatu mācību satura, diagnostikas instrumentu un vērtēšanas kritēriju pilnveidei atbilstoši pētījuma mērķiem.

Pētījuma rezultātā izstrādāts e-studiju tehnoloģijās balstīts pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis intensīvām izlīdzinošām mācībām, izveidota diagnosticējoša tiešsaistes testēšanas un uzdevumu sistēma un pamatota digitālo tehnoloģiju izmantošanas efektivitāte izglītojamo mācību sasniegumu uzlabošanā.

Atslēgas vārdi: e-studiju tehnoloģijas, digitālā transformācija, intensīvās izlīdzinošās mācības, pedagoģiskais process, mācību ekosistēma, mācību analītika.

ABSTRACT

Loreta Juškaite's doctoral thesis in the subfield of pedagogy of educational sciences, "E-study Technologies for Intensive Bridging Courses", was developed at the Faculty of Computer Science, Information Technology and Energy of Riga Technical University under the supervision of Dr. phys. Atis Kapenieks and Dr. paed. Alīda Zigmunde.

The thesis analyses the use of e-study technologies in the organisation of intensive bridging courses in physics during the transition from secondary school to higher education. The relevance of the research is determined by the need to improve students' preparedness for studies in STEM fields and to provide effective pedagogical support during the transition between educational levels.

The aim of the doctoral thesis is to investigate the e-ecosystem of the pedagogical process for intensive bridging courses in physics and to develop an e-study technology-based pedagogical ecosystem model supporting students' transition from secondary school to higher education.

The research is based on a combination of theoretical and empirical methods, including scientific literature analysis, educational policy analysis, pedagogical experiments, online testing, and diagnostic assessment. Data processing, statistical analysis, and visualization were carried out using specialized statistical software, including IBM SPSS Statistics, R, ITEMAN, Microsoft Excel, and Tableau.

The research base comprised 620 participants of the Intensive Bridging Education (IBE) physics courses at Riga Technical University. The proposed model was validated with the participation of 42 physics teachers and 120 Grade 12 students from secondary schools. Furthermore, more than 5,000 national diagnostic assessment papers in physics were analysed to support the development of diagnostic tests and learning tasks.

The research resulted in the development of an e-study technology-based pedagogical ecosystem model for intensive bridging courses and an online diagnostic testing system supporting students' learning achievements.

Keywords: e-study technologies, digital transformation, intensive bridging courses, pedagogical process, learning ecosystem, learning analytics.

PATEICĪBAS

Vissirsnīgākie pateicības vārdi promocijas darba zinātniskajiem vadītājiem asociētajam profesoram *Dr. phys.* Atim Kapeniekam un profesorei *Dr. paed.* Alīdai Zigmundei par idejām, ieteikumiem un padomiem. Paldies par iespēju mācīties no jums!

Īpaša pateicība *Dr. psych.* Airisai Šteinbergai, *Dr. paed.* Jānim Kapeniekam un *Dr. paed.* Sarmai Cakulai par idejām, vērtīgajiem ieteikumiem un sniegto atbalstu darba izstrādes procesā.

Paldies maniem kolēģiem un atbalstītājiem, kuri palīdzēja ar atsaucību, atrada laiku sarunai, par kopā gūto pieredzi, piedzīvojumiem, ieteikumiem un padomiem (nejausā secībā): Aleksandram Gorbunovam, Žanim Timšānam, Bruno Žugam, Ivetai Daugulei, Marinai Platonovai, Viktoram Zagorskim, Līgai Mangusai, Mērijai Jirgensons, Inetei Ielītei, Lāsmai Ulmanei-Ozoliņai, Evijai Mirķei, Oksanai Ivanovai, Mārītei Treijerei, Ievai Vītoļiņai, Dacei Ratniecei, Gunai Jākobsonei-Šnepstei, Anitai Vēciņai, Rūtai Lapsai, Vitai Pētersonei, Ievai Gradai, Anitai Jansonei, Mārcim Greiselim.

Par patiesu iedziļināšanos sirsnīgs paldies visiem ekspertiem, konsultantiem, sadarbības partneriem (nejausā secībā): *Enrique Martin, Anastasiya Boiko, Jelena Milenkovic un Evita Tasiopoulou (European Schoolnet); Stella Magid-Podolsky (Izraēla); Piedade Rebelo, Dulce Vaz un Raquel Santos (Portugāle), Jelena Mamčenko un Romualda Lazauskaitė (Lietuva); Suzana Filipecki Martin (Nīderlande); Filiz Şentürk (Turcija); Panagiotis Angelopoulos un Panagiotis Kanychis (Grieķija); Ivo Jokin (Bulgārija); Karīna Brikmane, Kaspars Špūle, Inga Lande, Irina Nizivaja (Latvija); Rosa Doran un Maria Luísa Teixeira de Almeida (Portugāle); Daniel Tysman (Lielbritānija); Šárka Kvasničková (Čehija); David Marti (Spānija); Anna Mičurina (Ukraina).*

Paldies Beātei Lebionkaitei, Jokūbasam Lebionakam, Sandrai Trinkūnienei, Laurai Dzelzkalējai, Aleksandram Ipatovam, Dmitrijam Riazanovam par izcilo sadarbību publikāciju tapšanā, par idejām, par kopīgu zināšanu radīšanu!

Liels paldies Latvijas fizikas skolotājiem par iesaisti un pacietību, pildot anketas un uzdevumu aprobāciju!

Paldies i-Zvaigznes komandai par gatavību pieņemt izaicinājumus un eksperimentēt! Īpašs paldies Sintijai Buhanovskai, Lindai Zemītei un Sabīnei Trēdei par sadarbību!

Sirsnīgs paldies manai ģimenei un maniem draugiem par to, ka devāt laiku man veikt pētījumus! Paldies par atbalstu un nesavtīgo mīlestību! Īpaši pateicības vārdi Austrim Cābelim par atsaucību, radošumu, ieteikumiem un padomiem!

TERMINI UN SAĪSINĀJUMI

Termini

Termins	Skaidrojums
Aprobācijas pētījums	Pētījums, kurā teorētiski izstrādātie risinājumi tiek pārbaudīti praksē, analizējot iegūtos rezultātus un novērtējot to atbilstību definētajiem mērķiem.
Atgriezeniskā saite	Informācijas apmaiņas process starp izglītojamo un pedagogu par mācību procesu un sasniegtajiem rezultātiem, lai uzlabotu turpmāko mācību procesu (<i>Hattie & Timperley</i> , 2007; Ministru kabinets, 2017; <i>Carless & Boud</i> , 2018; <i>Dawson et al.</i> , 2024; Ministru kabinets, 2018)
Diagnosticējošā vērtēšana	Vērtēšana, kuras mērķis ir noteikt izglītojamo zināšanu līmeni un nepieciešamo mācību atbalstu (Ministru kabinets, 2018).
Digitalizācija	Process, kurā informācija tiek pārveidota digitālā formātā, izmantojot informācijas un komunikācijas tehnoloģijas.
Efektivitāte	Spēja sasniegt definētos mērķus, optimāli izmantojot pieejamos resursus.
E-ekosistēma	Digitālajās tehnoloģijās balstīta mācību vide un tās elementu savstarpējā mijiedarbība pedagoģiskā procesa nodrošināšanai.
Formatīvā vērtēšana	Nepārtraukts mācību procesa vērtēšanas veids, kas palīdz uzlabot izglītojamo mācīšanos (<i>Black & Wiliam</i> , 2009).
Informācijas un komunikācijas tehnoloģijas (IKT)	Tehnoloģiju kopums informācijas radīšanai, uzglabāšanai, apstrādei un pārraidei (<i>UNESCO</i> , 2018).
Interaktīvs mācību materiāls	Digitāls mācību materiāls, kas nodrošina lietotāja aktīvu iesaisti un tūlītēju atgriezenisko saiti.
Intensīvās izlīdzinošās mācības (IIM)	Mācību forma, kas paredzēta izglītojamo zināšanu un prasmju izlīdzināšanai salīdzinoši īsā laikā.
Izglījamais	Persona, kas piedalās mācību procesā, lai iegūtu vai pilnveidotu zināšanas un prasmes (Izglītības likums).
Metakompetences	Universālas kompetences, kas veicina indivīda spēju pielāgoties pārmaiņām un risināt problēmas (<i>OECD</i> , 2022).
Modelis	Reālās sistēmas vienkāršots attēlojums, kas palīdz analizēt tās struktūru un funkcionēšanu.
Modulis	Strukturēta mācību programmas sastāvdaļa, kas ietver noteiktu mācību saturu un sasniedzamos rezultātus.
Sistēma	Savstarpēji saistītu elementu kopums, kas funkcionē vienotā veselumā.
Summatīvā vērtēšana	Izglītojamo mācību rezultātu apkopojoša novērtēšana noteiktā mācību posma beigās (Ministru kabinets, 2018).

Saīsinājumi

Saīsinājums	Skaidrojums
MI	Mākslīgais intelekts
CE	Centralizētais eksāmens
DD	Diagnosticējošais darbs
IoT	Lietu internets <i>Internet of Things</i>
EC	Eiropas Komisija
ES	Eiropas Savienība
IKT	Informācijas un komunikācijas tehnoloģijas
IIM	Intensīvās izlīdzinošās mācības
IZM	Izglītības un zinātnes ministrija
MK	Ministru kabinets
OECD	Ekonomiskās sadarbības un attīstības organizācija <i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i>
PISA	Starptautiskā skolēnu novērtēšanas programma <i>Programme for International Student Assessment</i>
RTU	Rīgas Tehniskā universitāte
STEM	Dabaszinātnes, tehnoloģijas, inženierzinātnes un matemātika <i>Science, Technology, Engineering and Mathematics</i>
UNESCO	Apvienoto Nāciju Izglītības, zinātnes un kultūras organizācija <i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>
VDD	Valsts diagnosticējošie darbi
VISC	Valsts izglītības satura centrs
VMV	Virtuālā mācību vide
VL	Virtuālā laboratorija

SATURS

IEVADS	13
Promocijas darba pētījuma jautājumi	14
Pētījuma objekts.....	14
Pētījuma priekšmets.....	14
Promocijas darba mērķis.....	14
Pētījuma uzdevumi	15
Pētījuma empīriskā bāze	15
Pētījuma ierobežojumi	16
Promocijas darba struktūra	18
Tēmas aktualitāte	18
PĒTĪJUMA ZINĀTNISKAIS IEGULDĪJUMS, PRAKTISKAIS LIETOJUMS UN REZULTĀTU APROBĀCIJA	19
Pētījuma zinātniskais ieguldījums	19
Praktiskais lietojums.....	20
Pētījuma rezultātu aprobācija.....	21
Pētījuma metodes.....	22
Promocijas darba izstrādes posmi.....	23
Promocijas darba aizstāvēšanai izvirzītās tēzes.....	26
Pētījuma iegūto rezultātu starptautiskā zinātniskā izvērtēšana un publicitāte	27
Publikācijas žurnālos un konferenču materiālos (Web of Science / Scopus indeksētos izdevumos)	27
Starptautisko zinātnisko konferenču tēzes	30
Publikāciju saistība ar promocijas darba pētījuma posmiem	30
Ziņojumi starptautiskās konferencēs	31
Ziņojumi vietējās konferencēs	33
1. PEDAGOĢIJAS TEORIJU UN E-STUDIJU TEHNOLOĢIJU MIJSAKARĪBA INTENSĪVO IZLĪDZINOŠO MĀCĪBU ATBALSTAM	34
1.1. Intensīvo izlīdzinošo mācību sociālā nepieciešamība ilgtspējības kontekstā	35
1.1.1. Mūsdienīgā fizikas satura aspekti intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā	37
1.1.2. Intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) pedagoģiskā procesa īstenošanas nosacījumi	40
1.1.3. Kritēriji mācību efektivitātei fizikas satura apguvē intensīvām izlīdzinošām mācībām	42
1.1.4. Personalizētas mācīšanās koncepts intensīvām izlīdzinošām mācībām.....	47
1.1.5. Vērtēšanas nozīme intensīvo izlīdzinošo mācību procesā	51

1.2. Izglītības paradigmas maiņa un izaicinājumi šodienas mācību procesam.....	53
1.3. Mūsdienu didaktikas izaicinājumi un digitālā laikmeta mācīšanās teorijas intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā.....	55
1.4. Tehnoloģiskās infrastruktūras aspekti	58
1.4.1. koncepcija un aktualitāte	59
1.4.2. Fizikas priekšmeta aspekti un e-studiju tehnoloģiju mijsakarbības IIM modelī	62
1.5. E-studiju tehnoloģiju iespēju pārskats	68
1.6. Secinājumi par 1. nodaļu	79
2. E-EKOSISTĒMAS PIEEJA – EFEKTĪVA PEDAGOĢISKĀ PROCESA ATBALSTAM UN PILNVEIDOŠANAI INTENSĪVĀM IZLĪDZINOŠĀM MĀCĪBĀM FIZIKĀ	82
2.1. E–ekosistēmas un modeļa jēdziens izglītības kontekstā.....	84
2.1.1. Metodoloģijas izvēle e-ekosistēmas modeļa izstrādei intensīvām izlīdzinošām mācībām fizikā	89
2.1.2. Modulārā jeb moduļu pieeja mācību procesa nodrošināšanai.....	91
2.2. E-ekosistēma efektīvā pedagoģiskā procesa nodrošināšanai intensīvām izlīdzinošām mācībām fizikā	92
2.2.1. Intensīvo izlīdzinošo mācību procesa pamatstruktūra	94
2.2.2. Izglītojamo vajadzību apzināšana, sasniegumu vērtēšana un IIM procesa principiālais modelis	97
2.2.3. Intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) fizikā pedagoģiskā procesa efektivitātes kritēriji.....	102
2.3. E-ekosistēmas pielietošanas algoritmi un to mijsakarbības pedagoģiskā procesa nodrošināšanai IIM fizikā	104
2.3.1. Interaktīvas informācijas pārneses metodes pielietošanas algoritms	105
2.3.2. Programmētas (secīgas) mācīšanas/mācīšanās metodes pielietošanas algoritms	106
2.3.3. Modelēšanas metodes pielietošanas algoritms IIM procesā	107
2.3.4. Eksperimentālās/pētnieciskās metodes pielietošanas algoritms.....	110
2.3.5. Mācību sasniegumu kontroles/paškontroles un vērtēšanas metodes un pielietošanas algoritms	112
2.4. Secinājumi par 2. nodaļu	118
3. PĒTĪJUMA NORISE UN IEGŪTIE REZULTĀTI.....	120
3.1. Izglītojamo raksturojums un izglītojamo vajadzību un motivējošo faktoru analīze	124
3.1.1. IIM mērķauditorijas raksturojums.....	124
3.1.2. Izglītojamo vajadzību un motivējošo faktoru analīze	128
3.2. Diagnosticējošos testu un uzdevumu izstrādes un aprobācijas analīze	130

3.3. Izglītojamo mācību sasniegumu monitorings	135
3.3.1. Izglītojamo mācību sasniegumu izvērtēšanas pamatprincipi	135
3.3.2. Empīriskā pētījuma apkopojums	140
3.4. Pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa efektivitātes novērtēšana	147
3.4.1. IIM pedagoģiskā procesa efektivitātes novērtējuma rezultāti	148
3.4.2. IIM pedagoģiskā procesā piedāvāto e-studiju tehnoloģiju novērtēšana	152
3.4.3. Didaktiskā un tehniskā atbalsta vajadzību analīze IIM procesā	155
3.5. Teorētisko pieeju, identificēto problēmu un IIM pedagoģisko risinājumu integrācija	157
3.6. Secinājumi par 3. nodaļu	159
SECINĀJUMI	161
PROMOCIJAS DARBĀ IZMANTOTĀS LITERATŪRAS UN AVOTU SARAKSTS	164
PIELIKUMI	185

Attēlu saraksts

1. att.	Izglītības plūsmas diagramma. Intensīvo izlīdzinošo mācību sociālās nepieciešamības konceptuālais modelis.	37
2. att.	Intensīvo izlīdzinošo mācību teorētiskais ietvars digitālās transformācijas kontekstā.	39
3. att.	Intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) pedagoģiskā procesa strukturālais modelis.	41
4. att.	Mijsakarības starp konceptiem.	44
5. att.	Taksonomiju pieeju sasaistījums ar fizikas mācīšanās procesiem un intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) efektivitātes kritērijiem intensīvajās izlīdzinošajās mācībās.	46
6. att.	Teorētisko pieeju integrācija IIM modelī: no izziņas taksonomijām līdz mācību efektivitātes kritērijiem un pētījuma novīatei.	47
7. att.	Personalizētās mācīšanās principu integrācija intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) modelī intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā.	48
8. att.	Multimodālas informācijas reprezentācijas integrācija personalizētā intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) e-ekosistēmā un tās ietekme uz izziņas līmeņu attīstību fizikā.	49
9. att.	Personalizētās mācīšanās pieejas integrācija intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) modelī.	50
10. att.	Konceptuālais pedagoģiskā procesa teorētiskais modelis.	52
11. att.	Pedagoģiskā procesa modelis intensīvajās izlīdzinošajās mācībās.	53
12. att.	IIM e-ekosistēmas modelis.	55
13. att.	Mūsdienu mācību procesa aspekti integrēti IIM e-ekosistēmas modelī intensīvajās izlīdzinošajās mācībās.	56
14. att.	E-studiju tehnoloģiju integrācija IIM E-ekosistēmas modelī intensīvo mācību kontekstā.	59
15. att.	Mācību vides struktūras modelis.	62

16. att.	Digitālo tehnoloģiju izmantošanas virzieni fizikas mācību procesā.	63
17. att.	Pētnieciskā mācīšanās cikls fizikas mācību procesā, izmantojot e-studiju tehnoloģijas.	64
18. att.	Mācību konteksta, e-studiju tehnoloģiju un pedagogisko pieeju mijiedarbības modelis, kas nosaka izglītojamo mācību rezultātus intensīvo izlīdzinošo mācību procesā.	65
19. att.	Digitāli bagātinātas mācību vides teorētiskais modelis: digitālās transformācijas, personalizētas mācīšanās, multimodālās reprezentācijas un pašregulētas mācīšanās integrācija IIM modelī fizikas izziņas un konceptuālās izpratnes līmeņu attīstībai.	68
20. att.	Elektriskās ķēdes simulācija virtuālajā 3D laboratorijā Labster vidē.	69
21. att.	Apgaismojuma mērīšanas procesa shēma, izmantojot mobilās ierīces sensoru un lietotni Light Meter.	70
22. att.	Attālinātās laboratorijas piemērs (<i>RCLs</i> , 2020) <i>Go Lab</i> .	72
23. att.	iZvaigznes (māconis). Fizikas interaktīvo uzdevumu sākumlapa.	75
24. att.	Mākoņdatošanas platformas "Māconis" darbības shēma ar <i>Cloubi Cloud</i> infrastruktūru.	75
25. att.	Izglītības ekosistēmas komponentu mijiedarbības modelis.	83
26. att.	Principiālais IIM e-ekosistēmas modelis.	85
27. att.	Klafki principiālais perspektīvās plānošanas modelis (Klafki's Model).	87
28. att.	Dizaina domāšanas pamatprincipi.	88
29. att.	Autores izstrādātā modulārās pieejas principiālā shēma IIM procesam.	90
30. att.	Intensīvo izlīdzinošo mācību procesuālā pamatstruktūra.	92
31. att.	Novērtēšanas metodes pielietošana IIM sistēmas izstrādē.	92
32. att.	IIM pedagogiskā procesa modelis.	93
33. att.	IIM e-ekosistēmas pārvaldības algoritms mācību kvalitātes un efektivitātes nodrošināšanai.	94
34. att.	Autores izstrādāts IIM fizikā pedagogiskā procesa modelis RTU intensīvajiem sagatavošanas kursiem, 2015.	95
35. att.	Autores izstrādātā IIM pedagogiskā procesa modeļa modulāro mācību principiālais algoritms.	96
36. att.	Izglītojamo kognitīvās darbības dziļuma mērīšana (I iegaumēšana un izpratne, II zināšanu un prasmju lietošana un III analīze un produktīvā darbība).	97
37. att.	IIM pedagogiskā procesa efektivitātes novērtēšanas princips.	99
38. att.	IIM pedagogiskā procesa norises pamatprincipi.	101
39. att.	IIM interaktīvas informācijas pārneses metodes algoritms.	102
40. att.	Modelēšanas metodes pielietošanas algoritms IIM mācību procesā.	105
41. att.	Eksperimentālās/pētnieciskās metodes pielietošanas algoritms IIM mācību e-ekosistēmā.	107
42. att.	Personalizēta <i>Graasp</i> VMV IIM fizikā RTU sagatavošanas kursiem.	110
43. att.	Autores <i>Graasp</i> VMV viena laboratorijas darba atskaites piemērs (ko redz pedagogs).	111
44. att.	Izglītojamo sasniegumu piemērs no autores veidotā IID "Zvaigznes" <i>Cloubi Cloud</i> sistēmā.	112

45. att.	IIM mācību sasniegumu kontroles/paškontroles un vērtēšanas metodes un pielietošanas algoritms.	113
46. att.	Empīriskā pētījuma dizains un IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa izvērtēšanas loģika.	117
47. att.	IIM procesā iesaistīto izglītojamo skaita salīdzinājums pa gadiem un vecumgrupu dinamika.	121
48. att.	IIM kursu dalībnieku sadalījums pēc iepriekšējās izglītības pieredzes un izglītības iestāžu tipa (N = 620).	122
49. att.	IIM kursu dalībnieku sadalījums pēc urbanizācijas pakāpes.	123
50. att.	IDD un NDD izglītojamo sniegumu sadalījums pa punktiem 2020./2021. m. g.	130
51. att.	IIM rezultātu dinamika, kognitīvā progresija (snieguma pieaugums 2020./2021. m. g.).	131
52. att.	IIM kognitīvās progresijas pāreju matricas vizualizācija (IDD →NDD) 2020./2021. m. g.	133
53. att.	Snieguma līmeņu sadalījumus (A) un pāreju matrica (B) RTU intensīvajos izlīdzinošajosursos fizikā 2015./2016. – 2020./2021. gads.	135
54. att.	Izglītojamo pārejas starp sasniegumu līmeņiem (vidējās vērtības) (Sankey diagramma)	138
55. att.	Izglītojamiem pieņemamākās e-studiju tehnoloģijas IIM procesā.	147
56. att.	Izglītojamo vērtējumi par IIM procesa atbilstību viņu vajadzībām procentuālā izteiksmē.	148
57. att.	IIM satura moduļu novērtējums.	
58. att.	IIM e-ekosistēmas modeļa efektivitātes novērtēšanas ietvars.	150

Tabulu saraksts

1. tabula.	Pētījuma jautājumu un promocijas darba nodaļu saistība.	19
2. tabula.	Pētījuma īstenošanas laika līnija.	24
3. tabula.	Publikāciju tematiskais sadalījums atbilstoši promocijas darba pētījuma virzieniem.	31
4. tabula.	Publikāciju saistība ar pētījuma īstenošanas posmiem.	31
5. tabula.	Intensīvo izlīdzinošo kursu nepieciešamību veicinošie faktori Latvijā.	37
6. tabula.	Intensīvo izlīdzinošo mācību organizatoriskie un pedagoģiskie nosacījumi.	41
7. tabula.	Mācību efektivitātes kritēriji fizikas satura apguvē intensīvajās izlīdzinošajās mācībās un to saistība ar IIM modeļa komponentēm.	44
8. tabula.	E-studiju tehnoloģiju pedagoģiskais potenciāls un pielietojums fizikas mācību procesā.	68
9. tabula.	Papildinātās realitātes pedagoģiskais potenciāls IIM modelī.	70
10. tabula.	Teorētisko pieeju, digitālo tehnoloģiju un IIM modeļa pedagoģisko efektu savstarpējā saistība.	78
11. tabula.	IIM modeļa elementu atspoguļojums empīriskajā pētījumā.	117
12. tabula.	Saistība starp IIM modeļa elementiem un pētījuma empīriskajām apakšnodaļām.	117
13. tabula.	Izglītojamo atbilžu apkopojums (autores apkopojums).	126

14. tabula.	IIM motivācijas analīze (strukturēta tabula, autores apkopojums).	126
15. tabula.	<i>CTT, SOLO</i> un Blūma taksonomiju interpretācija IIM diagnostikas sistēmā.	130
16. tabula.	Snieguma līmeņu virzība pa gadiem (salīdzināti IDD un NDD rezultāti).	137
17. tabula.	IDD un NDD rezultātu kopsavilkums.	138
18. tabula.	Sniegumu novērtēšanas matrica (vispārīgais gadījums).	141
19. tabula.	IIM sniegumu novērtēšanas matrica pa gadiem.	141
20. tabula.	Izglītojamo identificēto un IIM procesā realizēto mācību koncepciju salīdzinājums (autores apkopojums).	145
21. tabula.	Mācību metožu sasaiste ar studiju mērķu sasniegšanu IIM procesā.	146
22. tabula.	Teorētisko pieeju, identificēto problēmu un IIM pedagoģisko risinājumu integrācija.	152

IEVADS

Digitālā transformācija būtiski ietekmē gan ekonomikas attīstību, gan izglītības sistēmu. Tā tiek raksturota kā process, kurā organizācijas integrē digitālās tehnoloģijas, lai uzlabotu darbības efektivitāti un iegūtu ilgtermiņa konkurences priekšrocības (*Abdelaal et al.*, 2018). Tehnoloģiju attīstība, globalizācija un straujas pārmaiņas darba tirgū rada nepieciešamību pēc arvien augstāka kompetenču līmeņa un spējas pielāgoties mainīgajai profesionālajai videi (*Arndt & Pierce*, 2018; NAP2027). Tādēļ izglītības sistēmai ir būtiska loma sabiedrības attīstībā, nodrošinot apstākļus radošu, atbildīgu un konkurētspējīgu personību veidošanai (*OECD*, 2020; *OECD*, 2022). Plašākā nozīmē izglītības mērķis ir sagatavot indivīdu dzīvei, attīstot spēju izvēlēties profesionālo virzienu un aktīvi piedalīties ekonomiskajā un sabiedriskajā dzīvē (*OECD*, 2019; *OECD*, 2022).

Latvijā izglītības politikas dokumentos uzsvērta kvalitatīvas izglītības pieejamība visiem iedzīvotājiem un mācīšanās visa mūža garumā. Kompetenču pieejā balstīta izglītības satura ieviešana paredz pāreju no tradicionālās zināšanu nodošanas uz kompetenču attīstīšanu (MK pamatnostādnes, 2021). Digitālās tehnoloģijas, tostarp mākslīgais intelekts, lietu internets (*IoT*), mobilais internets un lielo datu analīze, veicina jaunu mācību pieeju un digitālo mācību ekosistēmu attīstību (*Fadel, Bialik & Trilling*, 2015; *Trikūniene & Juškaite*, 2021). Digitālā transformācija izglītībā ietver ne tikai tehnoloģiju izmantošanu, bet arī pārmaiņas mācību saturā, pedagoģiskajās pieejās un izglītības pārvaldībā (*European Commission*, 2021; *OECD*, 2022; *OECD*, 2023d).

Digitālās transformācijas kontekstā īpaša nozīme ir *STEM* izglītībai, tostarp fizikai. *STEM* jomas attīstība ir būtiska zināšanu sabiedrības veidošanai un valsts ekonomiskās konkurētspējas nodrošināšanai (*OECD*, 2020; *OECD*, 2023d). Tomēr Latvijā joprojām pastāv problēmas, kas saistītas ar jauniešu sagatavotību studijām eksaktajās zinātnēs. Pētījumi liecina, ka skolēnu zināšanu līmenis matemātikā un fizikā bieži ir nepietiekams, kas rada grūtības studiju sākumposmā un veicina studentu atbirumu (*Šmitiņa*, 2011; *Baldiņš & Raževska*, 2014; *Birziņa & Cēdere*, 2019).

Lai mazinātu plaisu starp vidusskolas un augstskolas prasībām, tiek organizēti izlīdzinošie kursi, kuru mērķis ir salīdzinoši īsā laikā pilnveidot izglītojamo zināšanas un prasmes (*Hansman & Mott*, 2010; *Gorbunovs et al.*, 2016). Intensīvās izlīdzinošās mācības ir īpaša izlīdzinošo kursu forma, kas paredz nepieciešamo zināšanu un prasmju apguvi ierobežotā laikā, nodrošinot vienlīdzīgākas iespējas veiksmīgai studiju uzsākšanai (*OECD*, 2019; *OECD*, 2022).

Ņemot vērā digitālās transformācijas ietekmi uz izglītību un nepieciešamību uzlabot izglītojamo sagatavotību *STEM* jomā, šajā promocijas darbā tiek izstrādāts e-studiju tehnoloģijās balstīts pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis intensīvām izlīdzinošām mācībām fizikā pārejas posmā no vidusskolas uz augstāko izglītību. Ekosistēmas pieeja ļauj analizēt pedagoģiskā procesa komponentu savstarpējo mijiedarbību un izvērtēt tehnoloģiju izmantošanas efektivitāti konkrētajā mācību situācijā (Chang & Guetl, 2007; Adomavičius et al., 2008). Izstrādātais modelis paredz personalizētus mācīšanās ceļus katram izglītojamajam un veicina gan mācību satura attīstību, gan izglītojamo savstarpējo sadarbību.

Zinātniskajā literatūrā joprojām trūkst pedagoģiski pamatotu modeļu, kas integrētu digitālās mācību tehnoloģijas, personalizētu mācīšanos un strukturētu vērtēšanas pieeju intensīvo izlīdzinošo mācību organizēšanā *STEM* jomā. Tādēļ šajā pētījumā piedāvātais IIM modelis tiek konceptualizēts kā pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis, kas apvieno digitālās transformācijas iespējas ar personalizētas mācīšanās principiem, veidojot strukturētu ietvaru intensīvo izlīdzinošo mācību organizēšanai fizikā.

Promocijas darba pētījuma jautājumi

1. Kā raksturojama intensīvo izlīdzinošo mācību fizikā pedagoģiskā procesa e-ekosistēma izglītības paradigmas maiņas un tehnoloģiju attīstības kontekstā posmā vidusskola–augstskola?
2. Kādā veidā tehnoloģiju izmantošana var veicināt pedagoģiskā procesa efektivitāti un izglītojamo mācību sasniegumu paaugstināšanos intensīvajās izlīdzinošajās mācībās posmā vidusskola–augstskola?
3. Kā raksturot dotajam kontekstam atbilstošāko pedagoģiskā procesa e-ekosistēmu?

Pētījuma objekts – pedagoģiskā procesa e-ekosistēma intensīvām izlīdzinošām mācībām fizikā pārejas posmā vidusskola–augstskola.

Pētījuma priekšmets – intensīvās izlīdzinošās mācības (IIM) fizikā posmā vidusskola–augstskola.

Promocijas darba mērķis – izpētīt pedagoģiskā procesa e-ekosistēmu intensīvām izlīdzinošām mācībām fizikā, kognitīvo mācību sasniegumus un izstrādāt e-studiju tehnoloģijās balstītu pedagoģiskā procesa ekosistēmas modeli mācību atbalstam pārejā no vidusskolas uz augstskolu.

Pētījuma uzdevumi

1. Izpētīt intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) fizikā posmā vidusskola – augstskola sociālo nepieciešamību ilgtspējības kontekstā, pamatojoties uz citu autoru pētījumu rezultātos un Latvijas izglītības sistēmu reglamentējošajos dokumentos.

2. Izstrādāt efektīva pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas kritērijus intensīvām izlīdzinošām mācībām fizikā posmā vidusskola–augstskola, ņemot vērā 21. gadsimta prasības fizikas satura apguvei vispārējās vidējās izglītības līmenī.

3. ~~Adīzēt~~ intensīvo izlīdzinošo mācību fizikā posmā vidusskola–augstskola pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas nodrošināšanai nepieciešamos tehnoloģiskās infrastruktūras aspektus un izstrādāt e-tehnoloģijās balstīta pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeli intensīvām izlīdzinošām mācībām fizikā posmā vidusskola–augstskola.

4. Izstrādāt, aprobēt un ieviest e-tehnoloģijās balstītu diagnosticējošo tiešsaistes testu un uzdevumu sistēmu intensīvām izlīdzinošām mācībām fizikā posmā vidusskola–augstskola.

5. ~~Adīzēt~~ un novērtēt izstrādāto e-tehnoloģiju lietojuma scenāriju, metodoloģiju un metrisku mījsakarības izglītojamo kompetenū attīstībai.

6. Izstrādāt intensīvo izlīdzinošo mācību fizikā pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeli un novērtēt tā piemērotību izglītojamo mācību sasniegumu pilnveidei posmā vidusskola–augstskola.

Pētījuma empīriskā bāze

Promocijas darba empīriskā bāze veidota Rīgas Tehniskajā universitātē, īstenojot intensīvās izlīdzinošās mācības fizikā pārejas posmā no vidējās uz augstāko izglītību. Pētījums veikts laika posmā no 2015. līdz 2021. gadam, izmantojot dizainā balstītas pētniecības (*Design-Based Research*) pieeju, kas nodrošināja intensīvo izlīdzinošo mācību pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa secīgu izstrādi, aprobāciju, pilnveidi un empīrisku izvērtēšanu.

Pētījuma galveno izlasi veidoja 620 Rīgas Tehniskās universitātes intensīvo sagatavošanas kursu dalībnieki. Izstrādātā intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) modeļa aprobācijā un atsevišķu pētījuma instrumentu validācijā tika iesaistīti papildus 42 vispārējās vidējās izglītības fizikas skolotāji un 120 Rīgas vidusskolu 12. klašu skolēni.

Pētījuma gaitā tika izstrādāta un aprobēta diagnostisko testu un mācību uzdevumu sistēma, kā arī veikta izglītojamo mācību sasniegumu analīze, izmantojot mācību analītikas

un kognitīvo sasniegumu izvērtēšanas pieejas. Diagnostisko instrumentu izstrādei un pilnveidei tika analizēti valsts diagnosticējošo darbu rezultāti fizikā, aptverot vairāk nekā 5000 skolēnu darbus. Iegūtie dati tika izmantoti uzdevumu satura atlasei, diagnostikas instrumentu pilnveidei un mācību sasniegumu vērtēšanas kritēriju izstrādei.

Izstrādātais intensīvo izlīdzinošo mācību pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis tika pilnveidots vairākos iteratīvos ciklos, balstoties empīrisku datu analīzē un iegūtajos pētījuma rezultātos. Tas nodrošināja modeļa teorētisko pamatojumu, praktisko aprobāciju un empīrisku validāciju intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā.

Pētījuma ierobežojumi

Interpretējot pētījuma rezultātus, jāņem vērā vairāki metodoloģiski ierobežojumi, kas raksturīgi izglītības pētījumiem reālā pedagoģiskā vidē (*Shadish et al., 2002; Creswell & Creswell, 2018*).

Pētījums īstenots intensīvo izlīdzinošo mācību fizikā kontekstā, analizējot RTU organizēto kursu dalībnieku mācību sasniegumus un mācību procesa norisi. Lai gan pētījumā izmantota salīdzinoši liela izlase ($N = 620$) un dati iegūti vairāku mācību gadu periodā (2015–2021), rezultātu pārnese uz citiem mācību priekšmetiem, izglītības līmeņiem vai institucionālajiem kontekstiem jāveic piesardzīgi (*Shadish et al., 2002*). Lai arī izstrādātā pieeja konceptuāli ir pārnesama uz citām *STEM* jomām, empīriskā aprobācija veikta tikai fizikā un matemātikā, tādēļ modeļa efektivitāte citās mācību jomās nav tieši pārbaudīta.

Pētījumā netika izmantota kontroles grupa, jo IIM kursa mērķis bija sniegt atbalstu visiem izglītojamajiem, kuriem identificētas zināšanu nepilnības. Līdz ar to nav iespējams pilnībā nodalīt IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa ietekmi no citiem faktoriem, kas potenciāli varētu ietekmēt izglītojamo mācību sasniegumus (*Shadish et al., 2002*). Turklāt IIM modelis ietver vairākus savstarpēji saistītus komponentus – diagnostiku, mācību saturu, pedagoģiskās metodes, e-studiju tehnoloģijas, mācību analītiku un atgriezenisko saiti. Tādēļ pētījumā netika analizēta katra atsevišķā komponenta individuālā ietekme, bet gan vērtēta visa modeļa darbība kopumā.

Pētījuma dalībnieki kursiem pieteicās brīvprātīgi, tādēļ izlasi veido izglītojamie ar salīdzinoši augstāku iekšējo motivāciju nekā vidēji izglītības sistēmā kopumā. Šis faktors var ietekmēt gan iesaisti mācību procesā, gan sasniegto rezultātu dinamiku (*Creswell & Creswell, 2018*).

Pētījumā izmantotie mācību sasniegumu rādītāji galvenokārt balstīti ievaddiagnostikas (IDD) un nobeiguma diagnostikas (NDD) rezultātu salīdzinājumā četru mēnešu mācību cikla ietvaros. Tādēļ pētījumā netika analizēta ilgtermiņa ietekme uz izglītojamo turpmākajiem studiju sasniegumiem, profesionālo darbību vai kompetenču saglabāšanos ilgākā laika periodā.

Datu vākšanas periods aptvēra arī COVID-19 pandēmijas laiku (2019./2020. un daļēji 2020./2021. mācību gads), kad būtiski mainījās mācību procesa organizācija, digitālo tehnoloģiju izmantošanas intensitāte un izglītojamo mācīšanās paradumi. Šie ārējie faktori varēja ietekmēt atsevišķu gadu rezultātus un izglītojamo iesaisti mācību procesā.

Pētījuma ietvaros diagnostikas uzdevumu kvalitātes izvērtēšanai tika izmantota klasiskās testu teorijas (*Classical Test Theory – CTT*) pieeja. Lai gan tā pilnībā atbilda pētījuma mērķiem un nodrošināja statistiski pamatotu uzdevumu atlasīšanu, pētījumā netika izmantoti modernās testu teorijas (*Item Response Theory – IRT*) modeļi, kuru pielietošana uzskatāma par perspektīvu turpmāko pētījumu virzienu (*Embretson & Reise, 2000*).

Pētījumā izmantotā statistiskā analīze balstīta uz aprakstošās statistikas rādītājiem, sasniegumu līmeņu dinamiku, pāreju matricu analīzi un neparametriskajām korelācijas metodēm. Šīs pieejas nodrošināja iespēju izvērtēt IIM modeļa darbību un izglītojamo sasniegumu izmaiņas. Pētījumā netika veikti standartizētu efekta lielumu aprēķini. Efekta lielumu izmantošana ļautu precīzāk interpretēt novēroto rezultātu praktisko nozīmīgumu papildus statistiskajai nozīmībai (*Cohen, 1988; Kraft, 2020*). Tādēļ efekta lielumu analīze uzskatāma par perspektīvu turpmāko pētījumu virzienu.

Daļa datu iegūta ar pašvērtējuma anketām, tādēļ iespējama kopējās metodes nobīde (*common method bias*), kas raksturīga pētījumiem, kuros vieni un tie paši respondenti sniedz informāciju gan par mācību procesu, gan tā rezultātiem (*Podsakoff et al., 2003*). Vienlaikus pētījumā izmantota datu triangulācija, apvienojot diagnostikas darbu rezultātus, mācību analītikas datus, aptaujas un pedagoģiskos novērojumus, kas paaugstina iegūto secinājumu ticamību (*Creswell & Creswell, 2018*).

Neraugoties uz minētajiem ierobežojumiem, pētījuma stiprās puses ir ilgstošs datu vākšanas periods (2015–2021), salīdzinoši liela respondentu izlase ($N = 620$), vairāku datu avotu izmantošana un rezultātu triangulācija, apvienojot diagnostikas darbu rezultātus, mācību analītikas datus, aptaujas un pedagoģiskos novērojumus. Tas nodrošina pietiekamu empīrisku pamatu secinājumu formulēšanai par IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa darbību un efektivitāti fizikā.

Promocijas darba struktūra

Promocijas darbu veido: ievads, trīs nodaļas, secinājumi, bibliogrāfiskais saraksts un 10 pielikumi. Pirmajā nodaļā analizētas pedagogijas teoriju un e-studiju tehnoloģiju mījsakarības intensīvo izlīdzinošo mācību atbalstam, otrajā nodaļā izstrādāts promocijas darba centrālais zinātniskais rezultāts – pedagogiskā procesa e-ekosistēmas modelis (IIM modelis) intensīvajām izlīdzinošajām mācībām fizikā, savukārt trešajā nodaļā aprakstīta pētījuma metodoloģija, pētījuma norise un izstrādātā modeļa empīriskās validācijas rezultāti. Promocijas darba pamatteksts 176 lappuses (ar pielikumiem 214 lpp.), tas satur 58 attēlus, 22 tabulas. Bibliogrāfiskajā sarakstā ir ietverti 374 informācijas avoti.

1. tabula

Pētījuma jautājumu un promocijas darba nodaļu saistība

Pētījuma jautājums	Promocijas darba nodaļa
Kā raksturojama intensīvo izlīdzinošo mācību fizikā pedagogiskā procesa e-ekosistēma izglītības paradigmas maiņas un tehnoloģiju attīstības kontekstā posmā vidusskola–augstskola?	1. nodaļa. Intensīvo izlīdzinošo mācību teorētiskie priekšnosacījumi un e-studiju pieeja
Kādā veidā tehnoloģiju izmantošana var veicināt pedagogiskā procesa efektivitāti un izglītojamo mācību sasniegumu paaugstināšanos intensīvajās izlīdzinošajās mācībās posmā vidusskola–augstskola?	2. nodaļa. IIM pedagogiskā procesa e-ekosistēmas modeļa izstrāde un metodiskais pamatojums
Kā raksturot dotajam kontekstam atbilstošāko pedagogiskā procesa e-ekosistēmu?	3. nodaļa. IIM pedagogiskā procesa e-ekosistēmas modeļa empīriskā aprobācija un efektivitātes izvērtēšana

Atslēgvārdi. E-studiju tehnoloģijas, efektivitāte, digitālā transformācija, intensīvās izlīdzinošās mācības, pedagogiskais process, ekosistēma.

Tēmas aktualitāte

Pētījums veikts straujas procesu digitalizācijas laikā, kad digitālās transformācijas izaicinājumi būtiski ietekmē gan ekonomikas attīstību, gan izglītības sistēmu. Digitālā transformācija veido jaunu zināšanu sabiedrības paradigmu, kurā mainās prasības izglītības kvalitātei, efektivitātei un tās atbilstībai sociālajām un darba tirgus vajadzībām. Globalizētā darba tirgus mobilitāte un straujās tehnoloģiskās pārmaiņas pieprasa elastīgu un nepārtraukti attīstāmu izglītības procesu, kā arī mūžizglītības iespējas (OECD, 2023c). Šajā kontekstā aktuāls kļūst G. Siemensa (2004) uzsvērtais princips, ka spēja orientēties informācijas plūsmā un apgūt jaunas zināšanas kļūst nozīmīgāka par jau iegūto zināšanu apjomu. Mūsdienu sabiedrībā zināšanas nepārtraukti mainās, tādēļ būtiska kļūst spēja tās atrast, kritiski izvērtēt un praktiski izmantot (Siemens, 2006; Downes, 2012).

Latvijā intensīvo izlīdzinošo kursu piedāvājums joprojām ir fragmentārs, un tajā nav vienotas pieejas digitālo mācību tehnoloģiju integrācijai un pedagoģiskā procesa organizēšanai. Analizējot dažādu izglītības iestāžu kursu piedāvājumus, autore nekonstatēja sistematizētu, uz e-studiju tehnoloģijām balstītu pedagoģiskā procesa ekosistēmas modeli, kas integrētu didaktiskos, tehnoloģiskos un sociālos aspektus Latvijas izglītības kontekstā atbilstoši 21. gadsimta prasībām.

Promocijas darba aktualitāti apstiprina arī Latvijas un starptautiskie izglītības attīstības politikas dokumenti, kuros uzsvērta digitālās transformācijas nozīme izglītībā, kompetenču pieejā balstītas izglītības attīstība un *STEM* jomu stiprināšana. Šīs prioritātes atspoguļotas Izglītības attīstības pamatnostādnēs 2021–2027 “Nākotnes prasmes nākotnes sabiedrībai” (IZM, 2020), Latvijas Nacionālajā attīstības plānā 2021–2027 (NAP2027), Digitālās transformācijas pamatnostādnēs 2021–2027, kā arī starptautiskajos izglītības attīstības ziņojumos (*OECD*, 2019; *OECD*, 2022; *OECD*, 2023d).

PĒTĪJUMA ZINĀTNISKAIS IEGULDĪJUMS, PRAKTISKAIS LIETOJUMS UN REZULTĀTU APROBĀCIJA

Pētījuma zinātniskais ieguldījums

1. Izstrādāts intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis fizikā pārejas posmam no vidējās uz augstāko izglītību. Modelis konceptualizē pedagoģisko procesu kā savstarpēji saistītu komponentu sistēmu, integrējot izglītojamo, pedagogu, mācību saturu, digitālās tehnoloģijas un mācību vidi vienotā funkcionālā struktūrā. Modelis papildina pedagoģiskā procesa e-ekosistēmu teorētisko izpratni intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā un nodrošina teorētisku pamatu tehnoloģiski bagātināta mācību procesa organizēšanai (Kapenieks *et al.*, 2020).

2. Izstrādāta un empīriski pamatota izglītojamo mācību sasniegumu diagnostikas un adaptīvas mācību vadības pieeja, kurā integrēta diagnostiskā vērtēšana, mācību analītika un *SOLO* (*Structure of Observed Learning Outcomes*) taksonomijā balstīta kognitīvo sasniegumu analīze (Biggs & Collis, 1982). Izveidotā pieeja nodrošina iespēju identificēt izglītojamo aktuālo zināšanu un prasmju līmeni, personalizēt mācību procesu un izvērtēt izglītojamo progresu intensīvo izlīdzinošo mācību laikā.

3. Empīriski izvērtēta izstrādātā IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa piemērotība un efektivitāte fizikā pārejas posmā no vidējās uz augstāko izglītību. Pētījuma rezultāti apliecina, ka personalizēta, diagnostikā un mācību analītikā balstīta pieeja sekmē

izglītojamo kognitīvo sasniegumu pilnveidi un nodrošina efektīvu mācību procesa organizāciju intensīvo izlīdzinošo mācību apstākļos.

Praktiskais lietojums

Pētījuma praktiskais lietojums izpaužas izstrādātā pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa (IIM modeļa) izmantošanā intensīvo izlīdzinošo mācību organizēšanā pārejas posmā vidusskola–augstskola. Modelis nodrošina strukturētu pedagoģisku pieeju, kas integrē digitālās mācību tehnoloģijas, personalizētas mācīšanās principus un mācību analītikas rīkus izglītojamo mācību sasniegumu uzlabošanai.

Izstrādātā pieeja ir praktiski izmantojama:

- vispārējās vidējās izglītības iestādēs, organizējot intensīvās izlīdzinošās mācības;
- augstākās izglītības iestādēs, piemēram, tehniskā virziena studiju programmās kursā “Ievads fizikā” vai papildu nodarbībās studiju kursa “Fizika” apguves atbalstam;
- digitāli bagātinātā mācību vidē, izmantojot tiešsaistes diagnostikas testus, interaktīvos uzdevumus un virtuālos demonstrējumus;
- situācijās, kad *STEM* jomas mācību priekšmeti jāapgūst intensīvā režīmā svešvalodā, piemēram, sagatavošanāsursos starptautiskām studijām vai programmās, kurās mācību process notiek citā valodā.

Izstrādātais IIM e-ekosistēmas modelis ir adaptējams arī citiem *STEM* jomas mācību priekšmetiem. Modeļa pieeja jau ir aprobēta intensīvajos matemātikas sagatavošanas kursos Rīgas Tehniskajā universitātē, kas apliecina tā universālo lietojamību intensīvo izlīdzinošo mācību organizēšanā dažādās *STEM* disciplīnās.

IIM modelis piedāvā universālu pedagoģisko ietvaru intensīvo *STEM* kursu organizēšanai digitāli bagātinātā mācību vidē, kas ļauj efektīvi integrēt tehnoloģiju atbalstītu mācīšanos, personalizētus mācīšanās ceļus un mācību analītiku. Modeļa izmantošana nodrošina iespēju elastīgi organizēt mācību procesu, ņemot vērā izglītojamo individuālās vajadzības, priekšzināšanu līmeni un mācīšanās tempu.

IIM modeļa praktisko nozīmību un tālākas attīstības potenciālu apliecina arī tā izmantošana valsts pētījumu programmas projektā “*AI4EDULAB*”. Promocijas darbā izstrādātais intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis un pētījumā gūtās atziņas par personalizētu mācīšanos, diagnostiku, mācību datu analīzi un digitālo tehnoloģiju izmantošanu tiek praktiski izmantotas valsts pētījumu

programmas projektā „*AI4EDULAB*: Mākslīgā intelekta balstīts, ētisks un darba tirgum atbilstošs personalizēts studiju saturs” (Nr. VPP-IZGLĪTĪBA-2025/1-0007).

Projekta ietvaros autore piedalās adaptīvās mācību tehnoloģijas satura izstrādē un pilnveidē (*WP2*), izmantojot promocijas darbā aprobētās pieejas mācību satura personalizācijai un studējošo vajadzību diagnostikai. Savukārt izstrādāto risinājumu pilotēšana tiek veikta augstākās izglītībasursos, kuros autore darbojas kā mācībspēks, tādējādi nodrošinot promocijas darbā izstrādāto atziņu turpmāku pārbaudi un attīstību autentiskā studiju vidē.

Pētījuma rezultātu aprobācija

Izstrādātais pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis (*IIM modelis*) aprobēts pedagoģiskā eksperimenta ietvaros un pārbaudīts dažādos izglītības kontekstos. Pētījuma un modeļa aprobācijas procesā tika iesaistīti 42 vispārējās vidējās izglītības fizikas skolotāji un 120 dažādu Latvijas vidusskolu 12. *klašu* skolēni, kuri piedalījās intensīvo izlīdzinošo mācību kursu un diagnostikas testu sistēmas aprobācijā.

Kopš 2019. gada izstrādātais modelis tiek izmantots Rīgas Tehniskajā universitātē četru mēnešu intensīvajos izlīdzinošajosursos fizikā, kā arī fakultatīvajās fizikas nodarbībās vairākās Latvijas skolās. Laikposmā no 2022. līdz 2024. gadam izstrādātais modelis tika izmantots papildu nodarbībās RTU Būvniecības inženierzinātņu fakultātes pirmā kursa studentiem, sadarbojoties ar studentu korporācijām Tervetia un Imeria, lai veicinātu sekmīgu studiju kursa “Fizika” apguvi.

Izstrādātā pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa (*IIM modeļa*) elementi aprobēti arī *starptautiskā* izglītības vidē, izvērtējot to lietojamību dažādos izglītības kontekstos. Modeļa pieeja aprobēta dabaszinātņu mācību procesā Izraēlā – *Tel Aviv Municipality Science and Technology Education Center (HEMDA)*, fizikas mācību kontekstā vispārīgās izglītības iestādēs Lietuvā sadarbībā ar fizikas skolotājiem, dabaszinātņu ievada kursā Čehijā – *Institute for Language and Preparatory Studies, Charles University*, kā arī izlīdzinošajā kursā fizikā Ukrainā – *Odesa I. I. Mechnikov National University*. Pētījuma rezultāti prezentēti starptautiskās zinātniskajās konferencēs un profesionālās pilnveides pasākumos, tostarp *European Schoolnet* organizētajos *STEM* skolotāju pasākumos, kas apliecina izstrādātā modeļa pielāgojamību dažādiem izglītības kontekstiem un tā potenciālu intensīvo izlīdzinošo mācību organizēšanā.

Izstrādātā pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa aprobācija veikta vairākos izglītības līmeņos – vispārējās vidējās izglītības iestādēs, augstākās izglītības studiju procesā un starptautiskā izglītības vidē, iesaistot plašu pedagogu un izglītojamo auditoriju Latvijā un ārvalstīs. Tas apliecina izstrādātā modeļa praktisko lietojamību, adaptējamību dažādos izglītības kontekstos un potenciālu digitāli atbalstītu intensīvo izlīdzinošo mācību organizēšanā *STEM* izglītībā.

Pētījuma metodes

Veicot intensīvo izlīdzinošo mācību vajadzību izpēti un analizējot izglītojamo individuālo un grupas psiholoģisko labklājību, pētījumā izmantotas aptaujas un fokusgrupu diskusijas. Diagnosticējošo testu, mācību materiālu izstrādes un tehnoloģiskās infrastruktūras izpētes procesā veikta zinātniskās un mācību literatūras analīze, lai identificētu piemērotākās pieejas digitālo mācību tehnoloģiju izmantošanai intensīvajos izlīdzinošajosursos. Diagnosticējošo testu aprobācijas pētījumā izmantota mācību materiālu aprobācija mācību procesā intensīvajos izlīdzinošajosursos. Izglītojamo mācību sasniegumu izvērtēšanai izmantota *SOLO* taksonomija, kas ļauj analizēt izglītojamo kognitīvā snieguma līmeņus, identificējot zināšanu struktūras sarežģītības pakāpi un konceptuālās izpratnes dziļumu mācību procesā (*Biggs & Collis, 1982; Biggs, 1999; Biggs & Tang, 2011*).

Pētījumā izmantota metodoloģiskā triangulācija, apvienojot kvalitatīvās un kvantitatīvās datu vākšanas un analīzes metodes, lai nodrošinātu pētījuma rezultātu ticamību un daudzpusīgu IIM modeļa izvērtējumu. Datu vākšanai izmantotas aptaujas, fokusgrupu diskusijas, dokumentu analīze, diagnosticējošie testi, kā arī mācību procesā iegūto rezultātu analīze. Savukārt datu analīzē izmantotas statistiskās un kvalitatīvās analīzes metodes atbilstoši katra pētījuma posma mērķiem.

Pētījuma metodoloģiskais ietvars balstīts dizainā balstītas pētniecības (*Design-Based Research – DBR*) pieejā, savukārt modeļa izstrādē izmantoti dizaina domāšanas principi.pieejā (*Design-Based Research – DBR*), kas pedagoģiskajā pētniecībā tiek izmantota jaunu mācību risinājumu izstrādei, testēšanai un pilnveidei autentiskā izglītības vidē. Dizaina domāšana tiek raksturota kā metodoloģija un domāšanas pieeja radošu risinājumu ģenerēšanai, balstoties cilvēku vajadzību un uzvedības izpētē (*Vaishnavi & Kuechler, 2015*). Izglītības pētniecībā šāda pieeja tiek izmantota, lai iteratīvā procesā izstrādātu un empīriski pārbaudītu pedagoģiskos risinājumus reālā mācību vidē (*McKenney & Reeves, 2019; Razzouk & Shute, 2015; CCR Partners, 2019*).

IIM modeļa kontekstā šī pieeja ļauj analizēt mācību procesu kā dinamisku pedagoģisku sistēmu, kurā tiek izstrādāti un pilnveidoti dažādi pedagoģiskā procesa organizēšanas scenāriji ar mērķi radīt pievienoto vērtību – uzlabot izglītojamo kognitīvos mācību sasniegumus. Dizaina domāšana ir iteratīvs un elastīgs process, kas paredz iespēju atgriezties pie iepriekšējiem posmiem un pilnveidot izstrādātos risinājumus, balstoties empīriskos datos un eksperimentālajā pieejā (Wrigley *et al.*, 2018; Royalty, 2021). Šāda pieeja ļauj identificēt pedagoģiskā procesa nepilnības un pakāpeniski pilnveidot mācību risinājumus, balstoties praktiskajā mācību vidē iegūtajos rezultātos (Hess *et al.*, 2020).

IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis tika izstrādāts un pilnveidots dizaina pētījuma iteratīvajā ciklā, kas ietver problēmas analīzi, pedagoģisko risinājumu projektēšanu, to ieviešanu autentiskā mācību vidē un empīrisku rezultātu izvērtēšanu (*analysis → design → implementation → evaluation*) (McKenney & Reeves, 2019; Vaishnavi & Kuechler, 2015). Pētījuma gaitā modelis tika vairākkārt pilnveidots, balstoties uz katrā ieviešanas un izvērtēšanas ciklā iegūtajiem empīriskajiem datiem, nodrošinot pakāpenisku IIM modeļa attīstību un validāciju dažādos tā izstrādes posmos. Šāda pieeja nodrošina sistemātisku saikni starp teorētisko izpēti un praktisko pedagoģisko risinājumu izstrādi. Turpmāk detalizēti aprakstīta pētījuma īstenošanas loģika un galvenie posmi, strukturējot tos atbilstoši dizaina pētījuma cikla posmiem.

Pētījums īstenots, balstoties uz dizaina pētījuma ciklu, kas ietver savstarpēji saistītus posmus: problēmas analīzi (*analysis*), pedagoģisko risinājumu projektēšanu (*design*), to ieviešanu autentiskā mācību vidē (*implementation*) un iegūto rezultātu izvērtēšanu (*evaluation*). Lai analizētu faktoros, kas ietekmē izglītojamo motivāciju, vēlmi un iespējas apgūt zināšanas IIM modeļa ietvaros, kā arī izvērtētu IIM pedagoģiskā procesa efektivitāti, izmantota dokumentu satura analīze un izglītojamo aptauja. Dokumentu satura analīze izmantota studiju mērķu un mācību rezultātu izvērtēšanai, savukārt izglītojamo aptauja ļāva apkopot informāciju par mācību vajadzībām, mācību mērķu sasniegšanu un studiju pieredzi. Izmantoto metožu kopums nodrošināja iespēju identificēt izglītojamo mācību vajadzības, izstrādāt un pilnveidot IIM modeli, kā arī empīriski izvērtēt tā efektivitāti dažādos izstrādes un aprobācijas posmos. Plašāks pētījuma metožu apraksts sniegts pie katra pētījuma posma.

Promocijas darba izstrādes posmi

Empīriskais pētījums tika īstenots laika posmā no laika posmā no 2015. līdz 2021. gadam. Pirms empīriskā pētījuma uzsākšanas tika veikta diagnostikas instrumentu, mācību

materiālu un uzdevumu sistēmas izstrāde un aprobācija, kas nodrošināja metodisko pamatu IIM (intensīvo izlīdzinošo mācību) modeļa izstrādei un izvērtēšanai. Pētījuma gaitā IIM modelis tika izstrādāts, aprobēts un pilnveidots vairākos dizaina pētījuma iteratīvajos ciklos. Pētījuma īstenošanas hronoloģiskais pārskats sniegts 2. tabulā.

2. tabula

Pētījuma īstenošanas laika līnija

Laika periods	Galvenās aktivitātes
Līdz 2014. gadam	Izglītības situācijas un problēmjautājumu analīze vidusskolas–augstskolas pārejas posmā dažādu izglītības iniciatīvu un projektu īstenošanas laikā, pētījuma aktualitātes apzināšana
2014–2017	Diagnostikas instrumentu, mācību materiālu un uzdevumu sistēmas izstrāde un aprobācija. Testu un uzdevumu validācija un diagnostikas sistēmas pilnveide
2015–2021	Empīriskais pētījums: IIM modeļa izstrāde, aprobācija, pilnveide un mācību sasniegumu monitorings
2018–2024	Pētījuma rezultātu zinātniskā izvērtēšana, prezentēšana un publicēšana starptautiskajā zinātniskajā apritē
2021–2026	Datu apkopošana, rezultātu interpretācija un promocijas darba sagatavošana

Jāatzīmē, ka atsevišķas pētījuma aktivitātes tika īstenotas paralēli un atkārtoti vairākos dizaina pētījuma iteratīvajos ciklos, tādēļ tabulā norādītie laika periodi daļēji pārkļājas.

Promocijas darbā pētījuma norise strukturēta piecos savstarpēji saistītos posmos. Posmi izdalīti analītiskos nolūkos, lai gan atsevišķas aktivitātes tika īstenotas paralēli un atkārtoti vairākos pētījuma ciklos. Turpmāk sniegts detalizēts katra pētījuma posma raksturojums.

1. posms. Pētījuma idejas formulēšana un problēmas apzināšana

Šajā posmā identificēta pētījuma problēma, balstoties autores profesionālajā pieredzē intensīvo izlīdzinošo mācību organizēšanā, tostarp izstrādājot mācību saturu, organizējot kursus un vadot nodarbības. Analizējot izglītojamo priekšzināšanu atšķirības un grūtības fizikas apguvē pārejas posmā vidusskola–augstskola, formulēta pētījuma ideja un izstrādāts IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa konceptuālais pamats intensīvo izlīdzinošo mācību organizēšanai. Šajā posmā sadarbībā ar izdevniecību Zvaigzne ABC adaptēti Latvijas izglītības sistēmai e-studiju materiāli “Fizika10”, “Fizika11” un “Fizika12”, kuros autore piedalījās kā redaktore un veica materiālu saturu un tehnoloģiju aprobāciju RTU sagatavošanasursos fizikā.

2. posms. Pētījuma konteksta izpēte un teorētiskā pamatojuma izstrāde

Veikta filozofiskās, pedagoģiskās un e-studiju literatūras analīze, kā arī jaunāko zinātnisko publikāciju izpēte. Analizēta e-studiju pieredze Rīgas Tehniskajā universitātē. Izstrādāts pētījuma teorētiskais pamatojums un metodoloģija, kā arī izveidots IIM modeļa sākotnējais konceptuālais ietvars.

3. posms. Modeļa izstrāde un pilnveide

Šajā posmā izstrādāti intensīvo kursu mācību materiāli *Atkārtoto vidusskolas fizikas kursu*, kas publicēti Zvaigznes ABC tiešsaistes platformā Māconis. Sadarbībā ar A. Cābeli izstrādāti diagnosticējošie darbi “Tiešsaistes testi fizikā” 10., 11. un 12. klasei. Kopumā sagatavoti vairāk nekā 2000 testu uzdevumu, kurus var izmantot vidusskolēni, reflektanti un augstskolu studenti. Izstrādājot testu uzdevumus, tika veikta padziļināta Latvijā īstenoto valsts diagnosticējošo darbu fizikā rezultātu analīze. Īpašu nozīmi ieguva pedagoģiskais eksperiments, kurā identisks diagnosticējošais darbs vienlaikus tika realizēts gan klātienē (papīra formātā), gan tiešsaistē, lai izvērtētu tradicionālo pārbaudes darbu pārneses iespējas digitālajā vidē (Juškaite, 2019a). Pētījuma rezultāti parādīja, ka uzdevumu forma un vide ietekmē izglītojamo sniegumu, radot riskus rezultātu salīdzināmībai starp dažādiem formātiem. Šī analīze ļāva identificēt būtiskas atšķirības uzdevumu formulējumā, vizuālajā noformējumā un uztveres specifikā.

Balstoties uz iegūtajiem rezultātiem, tika izstrādāts IIM saturs, īpašu uzmanību pievēršot uzdevumu dizainam, kas optimāli funkcionē gan tiešsaistes, gan klātienes mācību vidē. Zinātniskajā literatūrā konstatēts, ka digitālā un drukātā teksta uztvere atšķiras gan kognitīvajā apstrādē, gan lasīšanas stratēģijās (Singer & Alexander, 2017). Tādējādi IIM mācību satura izstrādē tika ņemtas vērā šīs uztveres atšķirības, nodrošinot pedagoģiski efektīvu un psihometriski pamatotu uzdevumu dizainu. Pamatojoties uz teorētiskajiem un empīriskajiem rezultātiem, tika noteikti IIM modeļa kritēriji un rādītāji, kā arī izstrādāts tā metodiskais nodrošinājums.

4. posms. Modeļa aprobācija un efektivitātes pārbaude

Veikta izstrādātā modeļa aprobācija vispārējās vidējās izglītības iestādēs, iesaistot 12. klašu izglītojamos, kuriem nepieciešami izlīdzinošie kursi fizikā pirms centralizētā eksāmena. Papildu pētījumos analizēti tiešsaistes valsts diagnosticējošo darbu rezultāti un skolēnu uzvedība testēšanas laikā, iesaistot vairāk nekā 5000 skolēnu. Pētījumi veikti sadarbībā ar Valsts izglītības satura centru (VISC; kopš 2023. gada funkcijas integrētas Valsts izglītības attīstības aģentūrā – VIAA) un platformu uzdevumi.lv. Izstrādātā modeļa

un tā atsevišķo komponentu aprobācijas rezultāti prezentēti starptautiskās zinātniskajās konferencēs un publicēti recenzētos zinātniskajos izdevumos (Juškaite, 2019a; 2019b; 2019c; Juškaite et al., 2019).

5. posms. Rezultātu analīze, interpretācija un promocijas darba noformēšana

Apkopoti pētījuma rezultāti, veikta to statistiskā analīze un interpretācija, formulēti secinājumi un rekomendācijas, kā arī sagatavots promocijas darbs.

Promocijas darba aizstāvēšanai izvirzītās tēzes

1. Izstrādātais un pedagoģiskajā procesā pārbaudītais pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis veicina intensīvo izlīdzinošo mācību īstenošanu fizikā pārejas posmā vidusskola–augstskola. Modelis ietver pedagoģiskā procesa īstenošanas scenārijus intensīvajām izlīdzinošajām mācībām un sekmē izglītojamo kognitīvos mācību sasniegumus.

2. Izveidotais un aprobētais modelis piedāvā rīku kopumu izglītojamo zināšanu, izpratnes līmeņa un izziņas dziļuma diagnosticējošai vērtēšanai, nodrošinot efektīvu pedagoģiskā procesa plānošanu un īstenošanu, kā arī ļauj īstenot personalizētu mācību procesu intensīvajās izlīdzinošajās mācībās fizikā.

3. Izstrādātā metrika raksturo mācību satura aspektus trijos izziņas darbības līmeņos izglītojamo kognitīvo mācību sasniegumu vērtēšanai intensīvajās izlīdzinošajās mācībās fizikā pārejas posmā vidusskola–augstskola, atklājot izaugsmi šādos mācību satura aspektos:

- fizikas jēdzienu, sakarību, apzīmējumu un vienību lietošanā;
- fizikālo parādību un procesu izpratnē;
- modeļu izpratnē un lietošanā;
- funkcionālo sakarību izpratnē un to izmantošanā problēmu risināšanā;
- pētnieciskajā darbībā.

4. Izveidotās metrikas izmantošana mācību procesa datu analīzē apstiprina, ka pedagoģiskā procesa efektivitāti nosaka izglītojamā un mācību vides mijiedarbība, kas ietver:

- atbilstību definētajiem mācību mērķiem;
- mācību satura piemērotību un pedagoģiskā procesa norisi mācību rezultātu sasniegšanai;
- atbalsta pasākumu efektivitāti;

- individuālo vajadzību īstenošanu;
- izglītojamo darbības monitoringu un individuālo studiju ievērošanu.

Pētījuma iegūto rezultātu starptautiskā zinātniskā izvērtēšana un publicitāte

Pētījuma rezultāti ir prezentēti starptautiskās zinātniskās konferencēs un publicēti recenzētos zinātniskajos izdevumos. Atsauces uz autores publikācijām šajā darbā izmantotas kā apliecinājums pētījuma rezultātu starptautiskajai aprobācijai un zinātniskajai izplatībai, nevis kā pētījuma metodoloģiskais pamatojums.

Promocijas darba centrālais zinātniskais rezultāts – pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis (IIM modelis) intensīvo izlīdzinošo mācību organizēšanai – teorētiski pamatots un empīriski izvērtēts starptautiskās zinātniskajās publikācijās un konferenču rakstu krājumos. Promocijas darba ietvaros organizētas un vadītas arī vairākas darbnīcas *STEM* jomas pedagogiem starptautisko projektu aktivitātēs, veicinot izstrādātā modeļa praktisko pielietojumu un pētījuma rezultātu izplatīšanu izglītības vidē. Promocijas darba autore ir piedalījies publikāciju sagatavošanā kā idejas autore vai līdzautore, veicot pētījuma konceptuālo izstrādi, metodoloģijas izstrādi, empīrisku datu vākšanu un analīzi, kā arī publikāciju sagatavošanu. Publikācijās, kas tieši saistītas ar promocijas darba tematiku, autore ir galvenā autore vai līdzautore, kuras ieguldījums ietver pētījuma idejas formulēšanu, IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa izstrādi, mācību procesa datu analīzi un rezultātu interpretāciju.

Publikācijās, kurās pētījuma autore ir līdzautore, viņas ieguldījums saistīts ar pētījuma konceptuālo izstrādi, datu analīzi un publikāciju sagatavošanu. Atsevišķās publikācijās, kas nav tieši saistītas ar promocijas darba tematiku, autores ieguldījums saistīts ar līdzdalību pētniecības projektos, tostarp datu analīzi un publikāciju sagatavošanu.

Publikācijās, kas tieši saistītas ar promocijas darba tematiku, autore galvenokārt analizē digitālo mācību tehnoloģiju izmantošanu, diagnosticējošās vērtēšanas pieejas un izglītojamo kognitīvo mācību sasniegumu attīstību intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā, kā arī izstrādā un empīriski izvērtē IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeli.

Publikācijas žurnālos un konferenču materiālos (Web of Science / Scopus indeksētos izdevumos)

1. Juškaite, L. (2018). Cloud-based solutions to the levelling education in physics in the context of Latvian education. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(2), 110–113. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i2.28.12890>

2. Juškaite, L., Ipatovs, A., & Kapenieks, A. (2019). Mobile technologies in physics education in Latvian secondary schools. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 7(1), 187–196.
3. Juškaite, L. (2019). Analysis and comparison of national diagnostic paper-based and online tests. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 8(1), 280–286. <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2019/4981.12019>
4. Publikācijas starptautisku konferenču rakstu krājumos
5. Andrejevs, D., Grabs, E., Čulkovs, D., Jeralovičs, V., Juškaite, L., Chen, T., Rjazanovs, D., & Ipatovs, A. (2024). Development of laser communication algorithm for moving objects. In *Proceedings of the Photonics and Electromagnetics Research Symposium (PIERS 2024)* (pp. 1–4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/PIERS62282.2024.10617830>
6. Juškaite, L., Lebionkaite, B., & Lebionka, J. (2023). E-learning technologies-based model for supporting bridge courses in physics. In *Proceedings of the 16th Annual International Conference of Education, Research and Innovation (ICERI 2023)* (pp. 4924–4931). IATED Academy. <https://doi.org/10.21125/iceri.2023.1226>
7. Rjazanovs, D., Pētersons, E., Ipatovs, A., Juškaite, L., & Jerjomins, R. (2021). Byzantine failures and vehicular networks. In *Proceedings of the IEEE Microwave Theory and Techniques in Wireless Communications (MTTW 2021)* (pp. 30–35). IEEE. <https://doi.org/10.1109/MTTW53539.2021.9607266>
8. Trinkūniene, S., & Juškaite, L. (2021). COVID-19: Business model innovation through digital transformation in paid educational services. In *Proceedings of the 15th International Technology, Education and Development Conference (INTED2021)* (pp. 9428–9436). IATED Academy. <https://doi.org/10.21125/inted.2021.1974>
9. Juškaite, L., Lebionkaite, B., Lebionka, J., & Šteinberga, A. (2021). The role of mathematical skills in STEM education: Experience in the context of Latvian education. In *Proceedings of the 15th International Technology, Education and Development Conference (INTED2021)* (pp. 5092–5099). IATED Academy. <https://doi.org/10.21125/inted.2021.1050>
10. Juškaite, L., Šteinberga, A., & Kapenieks, A. (2020). Modern digital assessment systems & tools: The measurement of student ability and human factor exclusion. In *Proceedings of the 14th International Technology, Education and Development*

- Conference (INTED2020) (pp. 4677–4683). IATED Academy.
<https://doi.org/10.21125/inted.2020.1292>
11. Juškaite, L., Dzelzkalēja, L., Ipatovs, A., & Kapenieks, A. (2020). Mobile apps for teaching physics: Situation in Latvia. In *Proceedings of the 12th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2020)* (pp. 438–444). SciTePress. <https://doi.org/10.5220/0009568604380444>
 12. Juškaite, L. (2019). The advantages of online testing in Latvian general education schools. In *Proceedings of the 13th International Technology, Education and Development Conference (INTED2019)* (pp. 3001–3008). IATED Academy. <https://doi.org/10.21125/inted.2019.0791>
 13. Juškaite, L. (2019). Data mining in education: Online testing in Latvian schools. In *Proceedings of the 3rd International Baltic Symposium on Science and Technology Education (BalticSTE2019)* (pp. 86–90). Scientia Socialis Press.
 14. Juškaite, L., Lebionka, J., & Lebionkaite, B. (2019). The analysis of student behaviour in the state online diagnostic tests: Experience of Latvia. In *Proceedings of the 12th International Conference of Education, Research and Innovation (ICERI2019)* (pp. 2907–2913). IATED Academy.
 15. Juškaite, L. (2018). 21st-century challenges and opportunities for physics education in the Latvian educational context. In *Proceedings of the 11th International Conference of Education, Research and Innovation (ICERI2018)* (pp. 2600–2607). IATED Academy. <https://doi.org/10.21125/iceri.2018.1576>

Citas recenzētas zinātniskās publikācijas

1. Trinkūniene, S., & Juškaite, L. (2021). COVID-19 and the digital transformation of education: The case of Latvia and Lithuania. In *Society, Integration, Education: Proceedings of the International Scientific Conference* (Vol. 5, pp. 221–231). Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija. <https://doi.org/10.17770/sie2021vol5.6429>
2. Juškaite, L. (2019). The impact of the virtual laboratory on the physics learning process. In *Society, Integration, Education: Proceedings of the International Scientific Conference* (pp. 159–168). Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija. <https://doi.org/10.17770/sie2019vol5.3804>
3. Juškaite, L. (2018). Comparison of national diagnostic paper-based and online tests in natural science. In *Society, Integration, Education: Proceedings of the*

International Scientific Conference (pp. 293–303). Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija. <https://doi.org/10.17770/sie2018vol1.3438>

4. Juškaite, L. (2016). E-studiju tehnoloģijas intensīvai izlīdzinošai apmācībai. In *LatSTE'2016 – Karjera digitālajā laikmetā: Izglītības tehnoloģiju un inovāciju konference* (pp. 27–35). Liepājas Universitāte.

Starptautisko zinātnisko konferenču tēzes

Promocijas darba tematika prezentēta arī starptautisko zinātnisko konferenču tēžu krājumos.

1. Juškaite, L. (2019). Mobile apps for teaching physics: Using applications in Latvian schools. In *International Scientific Conference “Society. Technology. Solutions”*: *Abstract Proceedings* (p. 12). Vidzeme University of Applied Sciences, Valmiera, Latvia.
2. Juškaite, L. (2017). STEM education: A tool for sustainable national capacity building. In *Abstract Book of the 15th BBCC/JTES Conference on Sustainable Development, Culture, and Education: Interplay of Tradition and Innovation for ESD* (p. 20). Daugavpils University Academic Press “Saule”, Riga, Latvia.
3. Juškaite, L. (2018). The gap between high school and university education in STEM subjects. In *Abstracts of the 60th International Scientific Conference of Daugavpils University* (pp. 130–131). Daugavpils University Academic Press “Saule”, Daugavpils, Latvia.
4. Juškaite, L. (2018). New challenges and opportunities for STEM education in the Latvian educational context. In *Abstract Book of the 2nd International Conference “Innovations and Creativity”* (p. 24). Liepāja University, Liepāja, Latvia.

Publikāciju saistība ar promocijas darba pētījuma posmiem

Publikācijas sistemātiski atspoguļo promocijas darba pētījuma posmus – no IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa teorētiskā pamatojuma un izstrādes līdz tā empīriskai pārbaudei un validācijai intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā.

Promocijas darbā iekļautās autores publikācijas atspoguļo pētījuma rezultātu aprobāciju starptautiskajā zinātniskajā vidē. Publikācijas izmantotas, lai dokumentētu pētījuma gaitā iegūto rezultātu izvērtēšanu recenzētos zinātniskajos izdevumos un konferencēs. Teorētiskā ietvara izstrāde un metodoloģijas izvēle balstīta starptautiskajā

zinātniskajā literatūrā, savukārt autores publikācijas kalpo kā apliecinājums promocijas darba rezultātu starptautiskai aprobācijai.

3. tabula

Publikāciju tematiskais sadalījums atbilstoši promocijas darba pētījuma virzieniem

Publikāciju raksturojums	Skaits
IIM modeļa teorētiskais pamatojums un izstrāde	5
Digitālo mācību tehnoloģiju un mācību scenāriju izpēte	7
Diagnosticas un mācību datu analīze	5
Empīriskā validācija intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā	5
Kopā	22

4. tabula

Publikāciju saistība ar pētījuma īstenošanas posmiem

Pētījuma posms	Raksturojums	Saistītās publikācijas (Nr.)
Analīze	Problēmas analīze, vajadzību izpēte, literatūras analīze	14, 18
Projektēšana	Pedagoģiskā procesa scenāriju un IIM modeļa projektēšana	2, 13
Ieviešana	Digitālo tehnoloģiju un mācību risinājumu ieviešana	7, 8, 16
Novērtēšana	Mācību datu analīze un empīriskā validācija	9, 10, 11, 12, 15, 17

Ziņojumi starptautiskās konferencēs

Promocijas darba pētījuma rezultāti, kas saistīti ar IIM pedagoģiskā procesa ekosistēmas modeļa izstrādi un empīrisko validāciju, regulāri prezentēti starptautiskās zinātniskajās konferencēs, nodrošinot pētījuma rezultātu zinātnisku aprobāciju un diskusiju starptautiskajā akadēmiskajā vidē.

1. Rīgas Tehniskās universitātes 64. starptautiskā zinātniskā konference, 2023. gada 9.–16. oktobrī, Rīga, Latvija.
2. International Conference of Education, Research and Innovation (ICERI 2023), 2023. gada 13.–15. novembrī, Seviļa, Spānija.
3. International Technology, Education and Development Conference (INTED2022), 2022. gada 7.–8. martā, Valensija, Spānija.
4. Starptautiskā zinātniskā konference “Sabiedrība. Integrācija. Izglītība” (SIE2021), 2021. gada 28.–29. maijā, Rēzekne, Latvija (virtuālā formātā).

5. International Technology, Education and Development Conference (INTED2021), 2021. gada 8.–9. martā (virtuālā formātā).
6. International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2020), 2020. gada 2.–4. maijā, Prāga, Čehija (virtuālā formātā).
7. International Technology, Education and Development Conference (INTED2020), 2020. gada 2.–4. martā, Valensija, Spānija.
8. Rīgas Tehniskās universitātes 60. starptautiskā zinātniskā konference, 2019. gada 14.–17. oktobrī, Rīga, Latvija.
9. International Baltic Symposium on Science and Technology Education (BalticSTE2019), 2019. gada 17.–20. jūnijā, Šauļi, Lietuva.
10. International Scientific Conference “Society. Technology. Solutions”, 2019. gada 25.–26. maijā, Valmiera, Latvija.
11. International Conference on Communication, Management and Information Technology (ICCMIT 2019), 2019. gada 26.–28. martā, Vīne, Austrija.
12. International Technology, Education and Development Conference (INTED2019), 2019. gada 11.–13. martā, Valensija, Spānija.
13. Starptautiskā zinātniskā konference “Sabiedrība. Integrācija. Izglītība” (SIE2019), 2019. gada 24.–25. maijā, Rēzekne, Latvija.
14. International Conference of Education, Research and Innovation (ICERI 2019), 2019. gada 11.–13. novembrī, Seviļa, Spānija.
15. Rīgas Tehniskās universitātes 59. starptautiskā zinātniskā konference, 2018. gada 10.–12. oktobrī, Rīga, Latvija.
16. Starptautiskā zinātniskā konference “Sabiedrība. Integrācija. Izglītība” (SIE2018), 2018. gada 25.–26. maijā, Rēzekne, Latvija.
17. International Conference on Communication, Management and Information Technology (ICCMIT 2018), 2018. gada 2.–4. aprīlī, Madride, Spānija.
18. International Conference “Innovations and Creativity”, 2018. gada 5.–7. aprīlī, Liepāja, Latvija.
19. International Conference of Education, Research and Innovation (ICERI 2018), 2018. gada 12.–14. novembrī, Seviļa, Spānija.
20. Daugavpils Universitātes 60. starptautiskā zinātniskā konference, 2018. gada 26.–27. aprīlī, Daugavpils, Latvija.
21. BBCC/JTES Conference on Sustainable Development, Culture, and Education, 2017. gada 16.–18. novembrī, Rīga, Latvija.

22. Rīgas Tehniskās universitātes 58. starptautiskā zinātniskā konference, 2017. gada 12.–15. oktobrī, Rīga, Latvija.
23. International Conference on Communication, Management and Information Technology (ICCMIT 2017), 2017. gada 3.–5. aprīlī, Varšava, Polija.
24. World ORT Hatter Technology Seminar: New Directions in Physics Education, 2017. gada 20.–24. martā, Londona, Apvienotā Karaliste.
25. Rīgas Tehniskās universitātes 57. starptautiskā zinātniskā konference, 2016. gada 14.–18. oktobrī, Rīga, Latvija.

Ziņojumi vietējās konferencēs

1. Juškaite, L. (2024). “Starp skolu un augstskolu. RTU pieredze.” Latvijas Fizikas skolotāju asociācijas 26. konference, 2024. gada 11.–12. oktobrī, Ogre, Latvija. Darbnīcas vadīšana.
2. Juškaite, L. (2019). “Atvērtie izglītības resursi fizikā.” Latvijas Fizikas skolotāju asociācijas 21. konference, 2019. gada 11.–12. oktobrī, Ventspils, Latvija. Darbnīcas vadīšana.
3. Juškaite, L. (2018). “IT tehnoloģijas izglītībā (SlideWiki un Mobile Learning).” Latvijas Fizikas skolotāju asociācijas 20. konference, 2018. gada 12.–13. oktobrī, Līgatne, Latvija. Darbnīcas vadīšana.
4. Juškaite, L. (2017). “Interaktīvo simulāciju izmantošana fizikā.” Latvijas Fizikas skolotāju asociācijas 19. konference, 2017. gada 13.–14. oktobrī, Daugavpils, Latvija. Darbnīcas vadīšana.
5. Juškaite, L. (2016). “E-studiju tehnoloģijas intensīvai izlīdzinošai apmācībai.” LatSTE’2016 – Izglītības tehnoloģiju un inovāciju konference, 2016. gada 25.–26. oktobrī, Liepāja, Latvija.
6. Juškaite, L. (2016). “Matemātikas lietošana vidusskolas fizikas kursā.” Latvijas Fizikas skolotāju asociācijas 18. konference, 2016. gada 7.–8. oktobrī, Rīga, Latvija. Darbnīcas vadīšana.
7. Juškaite, L. (2015). “IT rīku izmantošana fizikas mācību procesā.” LatSTE’2015 – Izglītības tehnoloģiju un inovāciju konference, 2015. gada 29.–30. oktobrī, Ķegums, Latvija. Darbnīcas vadīšana.

1. PEDAGOĢIJAS TEORIJU UN E-STUDIJU TEHNOLOĢIJU MIJSAKARĪBA INTENSĪVO IZLĪDZINOŠO MĀCĪBU ATBALSTAM

Pirmo šī pētījuma nodaļu veido vairākas savstarpēji saistītas apakšnodaļas.

Apakšnodaļā “Intensīvo izlīdzinošo mācību sociālā nepieciešamība ilgtspējības kontekstā” tiek definēts intensīvo izlīdzinošo mācību jēdziens. Šādas mācības visbiežāk tiek īstenotas dažāda veidaursos, tādēļ literatūrā bieži lietots jēdziens intensīvie izlīdzinošie kursi. Analizēti galvenie iemesli, kas nosaka izlīdzinošo mācību nepieciešamību Latvijā un citās valstīs, kā arī identificētas problēmas, kas īpaši aktualizē šādu kursu nepieciešamību fizikas apgūvē. Raksturota pētījumā iekļautā mērķa auditorija un tās izglītības vajadzības. Tiek uzsvērts, ka pedagoģiskā procesa efektivitāti nosaka mācību procesa spēja apmierināt konkrētās mērķa grupas vajadzības. Apakšnodaļā arī definēti intensīvo izlīdzinošo mācību plānošanas un organizēšanas pamatprincipi, akcentēta ievaddiagnostikas nozīme izglītojamo sākotnējo zināšanu noteikšanā, kā arī raksturotas šo mācību funkcijas. Analizētas taksonomijas, kas tiek izmantotas izglītojamo zināšanu un prasmju līmeņa novērtēšanai fizikas satura apgūvē vidējās izglītības posmā, kā arī izcelta pašnovērtējuma un personalizētās mācīšanās nozīme intensīvo izlīdzinošo mācību procesā.

Apakšnodaļā “Izglītības paradigmas maiņa un izaicinājumi šodienas mācību procesam” aplūkotas izglītības paradigmas pārmaiņas digitālās transformācijas apstākļos un to ietekme uz mācību procesu. Analizēti pedagoģiskie aspekti, kas raksturīgi intensīvajām izlīdzinošajām mācībām, kā arī sniegts literatūras pārskats par mācību procesa teorētiskajiem un metodoloģiskajiem pamatiem. Īpaša uzmanība pievērsta 21. gadsimta izglītības prasībām fizikas apgūvē vispārējās vidējās izglītības līmenī, analizējot tādas pedagoģiskās pieejas kā pragmatisms, konstruktīvisms, sociālais konstruktīvisms un konnektīvisms (*connectivism*).

Aakšnodaļā “Tehnoloģiskās infrastruktūras aspekti” izvērtēta e-studiju tehnoloģiju loma efektīva pedagoģiskā procesa ekosistēmas nodrošināšanā. Tajā definēts e-studiju tehnoloģiju jēdziens un analizēta to nozīme mācību procesā, īpaši fizikas satura apgūvē. Tiek identificēti būtiskākie e-studiju tehnoloģiju aspekti kā pedagoģiskā procesa ekosistēmas komponentes un izvērtēta to atbilstība konkrētā izglītības procesa mērķiem un principiem. Analizētas nozīmīgākās e-studiju tehnoloģijas, kas var nodrošināt efektīvu intensīvo izlīdzinošo mācību īstenošanu.

1.1. Intensīvo izlīdzinošo mācību sociālā nepieciešamība ilgtspējības kontekstā

“Intensīvās izlīdzinošās mācības (IIM) ir specifiska mācību organizācijas forma, kuras mērķis ir īsā laikā izlīdzināt izglītojamo zināšanu un prasmju līmeni, kompensējot iepriekšējos trūkumus un nodrošinot sekmīgu pāreju uz nākamo izglītības posmu vai profesionālo vidi. Starptautiskajā literatūrā šādas mācības tiek apzīmētas kā *bridging courses*, *foundation courses* vai *remedial education* (Bickerstaff, Barragan, & Rucks-Ahidiana, 2017; Hodara, 2013).

To nozīme pieaug, jo dažādos izglītības līmeņos palielinās izglītojamo sagatavotības atšķirības, ko ietekmē mācību programmu saturs, mācību stundu skaits, sociālekonomiskie faktori, individuālā pieredze un izglītības iegūšana dažādās valstīs. Tādēļ izlīdzinošo mācību galvenais uzdevums ir mazināt sagatavotības plaisu un nodrošināt vienlīdzīgas iespējas turpināt izglītību (OECD, 2020; OECD, 2023c; European Commission, 2021).

Intensīvo izlīdzinošo kursu nepieciešamību Latvijā nosaka izglītības sistēmas struktūra, mācību programmu atšķirības un sociālie procesi (sk. 5. tabulu). Atšķirīgais eksakto priekšmetu apguves apjoms vispārējās un profesionālās izglītības programmās rada būtiskas atšķirības absolventu sagatavotībā fizikā un matemātikā. Turklāt augstākās izglītības iestādēs studijas uzsāk personas ar dažādu izglītības pieredzi, tostarp tie, kuri vidusskolu absolvējuši pirms vairākiem gadiem vai izglītību ieguvuši ārvalstīs. Tādēļ pieaug pieprasījums pēc intensīvajiem izlīdzinošajiem kursiem, kas ļauj īsā laikā sistematizēt zināšanas un sagatavoties studijām eksaktajās zinātnēs. Tas aktualizē nepieciešamību izstrādāt integrētu pedagoģiskā procesa modeli efektīvai mācību organizācijai nevienmērīgas izglītojamo sagatavotības apstākļos.

Intensīvo izlīdzinošo kursu nepieciešamību veicinošie faktori Latvijā

Faktors	Raksturojums	Sekas izglītības sistēmā
Atšķirīgas vispārējās vidējās izglītības programmas	Dažādās programmās eksakto priekšmetu apguves apjoms atšķiras.	Absolventu zināšanu līmenis fizikā ir nevienmērīgs.
Neliels fizikas stundu skaits	Fizikas stundu skaits var būt no 1 līdz 6 stundām nedēļā.	Nepietiekama sagatavotība CE un STEM studijām.
Studētgrībētāji ar pārtraukumu izglītībā	Studijas uzsāk arī personas, kas vidusskolu absolvējušas senāk.	Nepieciešams atkārtot mācību saturu pirms studiju uzsākšanas.
Profesionālās izglītības īpatnības	Fizika profesionālajās skolās bieži tiek apgūta ierobežotā apjomā.	Nepietiekamas priekšzināšanas studijām augstākajā izglītībā.
Migrācija un mobilitāte	Daļa jauniešu noteiktu laiku mācās ārvalstīs un atgriežas Latvijā.	Nepieciešama zināšanu sistematizācija un adaptācija izglītības sistēmai.
Fizikas CE kā izvēles eksāmens	Fizikas kursa atkārtojums skolās ne vienmēr tiek organizēts.	Pieaug pieprasījums pēc sagatavošanas un izlīdzinošajiem kursiem.

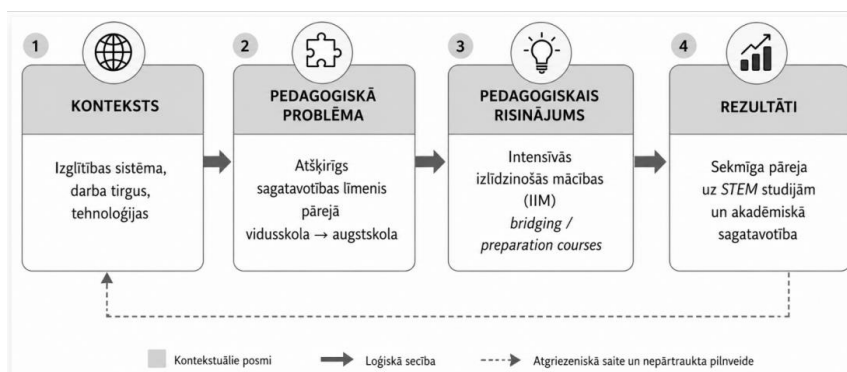
Piezīme. Autores veidots apkopojums, pamatojoties uz *OECD* (2019) un MK noteikumiem Nr. 416 un Nr. 281.

Šajā promocijas darbā intensīvās izlīdzinošās mācības tiek definētas kā strukturēts pedagoģiskais process, kurā koncentrētā mācību ciklā tiek sistematizētas un pilnveidotas izglītojamo priekšzināšanas fizikā, lai nodrošinātu sekmīgu pāreju no vidējās uz augstāko izglītību. Modelis paredz mērķtiecīgu mācību satura organizāciju, regulāru diagnostiku, personalizētu pieeju un mācību tehnoloģiju integrāciju. IIM tiek aplūkotas kā pedagoģiskā procesa ekosistēma, kurā mijiedarbojas mācību saturs, pedagoģiskās metodes, digitālās tehnoloģijas un izglītojamo individuālās vajadzības. Būtisks IIM elements ir diagnostika, kas ļauj noteikt izglītojamo sākotnējo zināšanu līmeni un nepieciešamo pedagoģisko atbalstu. Balstoties uz tās rezultātiem, iespējams veidot individualizētus mācīšanās ceļus, veicinot efektīvāku mācību mērķu sasniegšanu. Šāda pieeja atbilst mūsdienu izglītības tendencēm, kurās nozīmīga loma ir personalizētai mācīšanai un izglītojamo aktīvai iesaistei mācību procesā (*Hrastinski, 2019; Graham, 2013*).

Augstākās izglītības iestādēs intensīvie izlīdzinošie kursi palīdz mazināt atšķirības starp vidusskolas un augstskolas studiju prasībām. Pētījumi liecina, ka sagatavotības atšķirības īpaši izpaužas STEM studiju programmās, kur nepieciešamas stabilas matemātikas un fizikas priekšzināšanas (*Green, Eady, & Andersen, 2018*). Tādēļ daudzās universitātēs tiek piedāvātas sagatavošanas programmas, kas palīdz atkārtot un sistematizēt

vidusskolā apgūto saturu. Starptautiskā pieredze rāda, ka šādi kursi tiek īstenoti dažādos formātos Eiropas, Austrālijas, Apvienotās Karalistes un Vācijas augstākās izglītības iestādēs (*Lamanauskas, Šlekienė, & Augienė, 2020*).

Latvijā izglītojamo sagatavotības atšķirības īpaši izpaužas dabaszinātnēs un matemātikā, jo eksakto priekšmetu apguves apjoms dažādās izglītības programmās būtiski atšķiras. Papildu izaicinājumus rada arī studenti ar profesionālās izglītības vai ilgāku mācību pārtraukuma pieredzi. Lai gan centralizētie eksāmeni kalpo kā nozīmīgs zināšanu novērtēšanas instruments, tie ne vienmēr pilnībā raksturo gatavību studijām eksaktajās zinātnēs. *OECD PISA* rezultāti liecina, ka Latvijas skolēnu vidējie sasniegumi ir tuvu *OECD* vidējam līmenim, tomēr augstu sasniegumu skolēnu īpatsvars ir salīdzinoši zemāks, kas norāda uz nepieciešamību pilnveidot analītiskās un problēmu risināšanas prasmes. Intensīvās izlīdzinošās mācības ir nozīmīgs pedagoģiskais instruments, kas palīdz mazināt sagatavotības atšķirības un nodrošina veiksmīgāku pāreju starp izglītības posmiem, īpaši *STEM* jomā, kur stabilas priekšzināšanas ir būtisks priekšnoteikums sekmīgām studijām.



1. att. Izglītības plūsmas diagramma. Intensīvo izlīdzinošo mācību sociālās nepieciešamības konceptuālais modelis. Avots - autore izstrādātais modelis, balstoties literatūras analizē.

1. attēlā parādīta pāreja no vidējās uz augstāko izglītību, kur izglītojamo sagatavotības līmenis eksaktajos priekšmetos bieži ir nevienmērīgs. Lai gan starptautiskajā literatūrā analizēti sagatavošanas un pārejas kursi (*bridging courses, remedial education*), intensīvo izlīdzinošo mācību organizācijas principi ir nepietiekami pētīti. Šo pētījuma nišu risina promocijas darbā izstrādātais pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis, kas nodrošina strukturētu pieeju IIM īstenošanai digitālās transformācijas apstākļos.

1.1.1. Mūsdienīgā fizikas satura aspekti intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā

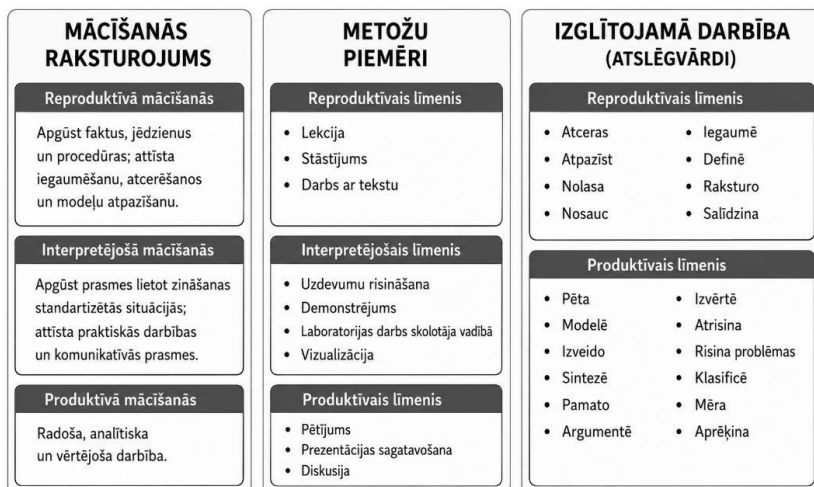
Mūsdienu izglītības teorijā arvien lielāka uzmanība tiek pievērsta pārejai no zināšanu transmisijas uz kompetenču un domāšanas prasmju attīstību. Šajā kontekstā

būtiska ir fizikas loma pārejā no vidējās uz augstāko izglītību, jo tā nodrošina pamatu eksakta profila studijām un veicina izpratni par tehnoloģiju darbības principiem (Šilters, 1998; Paulins, 2013).

Šīs pārmaiņas lielā mērā nosaka digitālā transformācija, kas ietekmē izglītības sistēmu, mācību satura organizāciju un mācīšanās veidus (*European Commission*, 2021; *OECD*, 2023d; *Lamanauskas et al.*, 2020). Digitālajā vidē pieaug nepieciešamība orientēties plašā informācijas apjomā, kritiski izvērtēt informācijas avotus un izmantot dažādas informācijas reprezentācijas formas. Vienlaikus mācību saturam raksturīgs augsts informācijas blīvums, kas prasa attīstīt augstāka līmeņa informācijas apstrādes prasmes (Paulins, 2013). Pētījumi liecina, ka izglītības institūcijas spēj nodrošināt tikai nelielu daļu no digitālajā vidē pieejamās informācijas (*Loonam et al.*, 2018). Tādēļ būtiska kļūst izglītojamo spēja patstāvīgi analizēt, strukturēt un pielietot informāciju, īpaši intensīvajās izlīdzinošajās mācībās, kur ierobežotā laikā jānodrošina efektīva zināšanu un prasmju apguve. Informācijas izmantošana ietver meklēšanu, analīzi, interpretāciju un sintēzi, savukārt informācijas teorijā nenoteiktības pakāpi raksturo informācijas entropijas jēdziens (*Loonam et al.*, 2018). Tādēļ informācijas pratība ietver ne tikai piekļuvi informācijai, bet arī spēju kritiski izvērtēt tās nozīmi. Būtiska ir arī starpdisciplināra pieeja, jo domāšanas attīstība ir saistīta ar disciplīnas centrālo jēdzienu izpratni (*Lederman*, 1999). Fizikas izglītībā tas izpaužas ciešā saiknē ar matemātiku, kur matemātiskās metodes tiek izmantotas fizikas parādību analīzei un modelēšanai (*Juškaite et al.*, 2019).

Nozīmīga fizikas izglītības sastāvdaļa ir zinātniskās izziņas attīstīšana. Tā ietver empīrisko novērojumu, racionālo analīzi un teorētisko modelēšanu, nodrošinot objektīvu un sistemātisku zināšanu veidošanu par realitāti (*Lederman*, 1999). Zinātniskajā izziņā mijiedarbojas empīriskais un teorētiskais līmenis, kas veicina dabas parādību izpratni un teoriju attīstību (*Vedins*, 2008; *Broks*, 2007). Mācīšanās procesu iespējams raksturot vairākos kognitīvās darbības līmeņos. *Zoller* (2000) izšķir reproduktīvo, interpretējošo un produktīvo mācīšanās līmeni (sk. 2. attēlu). Reprodukтивais līmenis nodrošina pamatzināšanu apguvi, interpretējošais – spēju analizēt un skaidrot parādības, savukārt produktīvais līmenis ļauj izmantot zināšanas jaunās situācijās un radoši risināt problēmas. Intensīvajās izlīdzinošajās mācībās fizikā būtiska ir sistēmiskā pieeja, kas uzsver procesu savstarpējo saistību, mijiedarbību un attīstības dinamiku (*Broks*, 2007; *Vedins*, 2008). Sistēmu teorija nodrošina starpdisciplināru skatījumu uz mācību procesa organizāciju un ļauj identificēt universālus principus dažādu sistēmu darbībā (*Mārtinsone et al.*, 2016). Tas ir īpaši nozīmīgi digitālās transformācijas apstākļos, kur nepieciešams integrēt dažādus

mācīšanās veidus un tehnoloģiskos risinājumus, veidojot elastīgu un adaptīvu mācību procesu. IIM modelī mācību process tiek organizēts kā savstarpēji saistītu pedagoģisko darbību sistēma, integrējot tradicionālās un digitālās mācību vides elementus.



2. att. Intensīvo izlīdzinošo mācību teorētiskais ietvars digitālās transformācijas kontekstā. Avots - autores izstrāde, balstoties literatūras analīzē *Lederman, 1999; Zoller, 2000; Vedins, 2008.*

2. attēlā parādīta teorētiskā struktūra, kas pamato intensīvo izlīdzinošo mācību organizāciju digitālās transformācijas apstākļos. Digitālās izglītības konteksts nosaka nepieciešamību attīstīt efektīvas mācību pieejas kvalitatīvai fizikas satura apguvei īsā laika periodā. Teorētisko pamatu veido zinātniskās izziņas pieeja un kognitīvo mācīšanās līmeņu koncepcija, kas akcentē pāreju no reproduktīvas uz produktīvu mācīšanos (*Zoller, 2000*). Balstoties uz šo ietvaru, pētījumā izstrādāts integrēto intensīvo mācību (IIM) modelis.

Lai gan literatūrā plaši analizēta digitālās transformācijas ietekme uz izglītību un STEM jomas kognitīvo prasmju attīstību, joprojām nepietiekami pētītas pieejas, kas īsā laikā palīdzētu pārvarēt izglītojamo sagatavotības atšķirības pārejā no vidējās izglītības uz STEM studijām, īpaši fizikā (*Lamanauskas et al., 2020*). Digitālās transformācijas koncepcija, kas sākotnēji analizēta organizāciju kontekstā (*Loonam et al., 2018*), ir attiecināma arī uz izglītību. Līdzšinējie pētījumi galvenokārt veltīti tradicionāliem vai ilgtermiņa mācību procesiem, savukārt intensīvo izlīdzinošo mācību pieejas, kas integrē digitālās tehnoloģijas, zinātniskās izziņas principus un augstāka līmeņa kognitīvo prasmju attīstību, ir pētītas salīdzinoši maz (*Lederman, 1999; Zoller, 2000; Fadel et al., 2015*). Šī pētījuma ieguldījums ir intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) modeļa izstrāde un aprobācija fizikas apgūvē, piedāvājot strukturētu pedagoģisku pieeju izglītojamo sagatavotības

izlīdzināšanai un sekmīgai pārejai uz *STEM* studijām digitālās izglītības vidē (Juškaite et al., 2019).

1.1.2. Intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) pedagoģiskā procesa īstenošanas nosacījumi

Intensīvās izlīdzinošās mācības (IIM) tiek īstenotas kursu formātā salīdzinoši īsā laika periodā, tādēļ īpaši nozīmīga kļūst skaidru organizatorisko un pedagoģisko nosacījumu definēšana. Šie nosacījumi ietver gan mācību procesa plānošanu, gan izglītojamo motivācijas un pašvadītas mācīšanās attīstīšanu, kas nodrošina efektīvu zināšanu un prasmju apguvi (Green et al., 2018; Zoller, 2000). Intensīvo izlīdzinošo mācību organizācija balstās vairākos pedagoģiskos un organizatoriskos nosacījumos, kas nodrošina efektīvu mācīšanās procesu īsā laika periodā. Šie nosacījumi ietver komunikāciju ar izglītojamo, studentcentrētu mācību pieeju, pašvadītas mācīšanās attīstību un radošo problēmrisināšanu. Galvenie IIM pedagoģiskie nosacījumi apkopoti 6. tabulā.

6. tabula

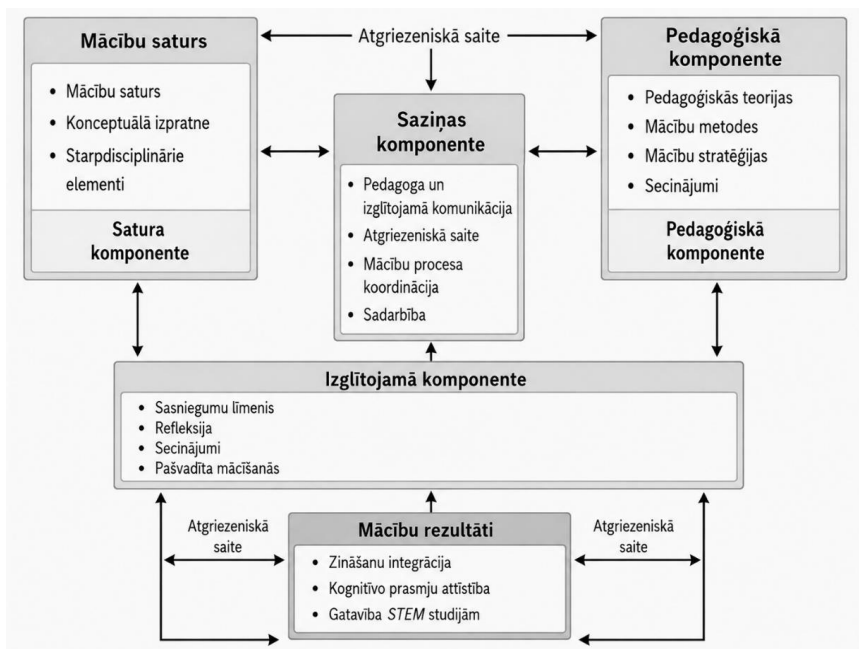
Intensīvo izlīdzinošo mācību organizatoriskie un pedagoģiskie nosacījumi

Pedagoģiskais nosacījums	Raksturojums
Efektīva komunikācija ar izglītojamo	Atklāta un nepārtraukta saziņa, kas veicina uzticēšanos, sadarbību un atgriezenisko saiti mācību procesā
Izglītojamo vajadzību apzināšana	Studentiem tiek palīdzēts identificēt mācību vajadzības, problēmas un pašattīstības mērķus
Kopīga mācību procesa plānošana	Izglītojamie tiek iesaistīti mācību procesa plānošanā un pielāgošanā
Pedagoga kā mācīšanās facilitatora loma	Pedagogs palīdz organizēt mācīšanās procesu un atbalsta pašvadītu mācīšanos
Mācību satura nozīmīgums	Efektīvāk tiek apgūts saturs, kas ir saistīts ar izglītojamo vajadzībām
Atbildība par mācību rezultātiem	Izglītojamie tiek motivēti uzņemties atbildību par savu mācīšanās procesu
Pašvērtēšanas prasmju attīstīšana	Pedagogs palīdz attīstīt izglītojamo pašvērtēšanas prasmes
Zināšanu nozīmes izpratne	Izglītojamajiem jāapzinās zināšanu nozīme un to praktiskais pielietojums
Pašizziņas un neatkarības attīstība	Tiek izmantotas mācību metodes, kas attīsta patstāvīgu domāšanu
Radošuma un problēmrisināšanas attīstīšana	Tiek izmantotas stratēģijas, kas attīsta radošumu un analītisko domāšanu
Droša mācību vide	Nodrošināta psiholoģiski droša un atbalstoša mācību vide
Saikne ar sociālo vidi un darba tirgu	Mācību saturs tiek saistīts ar profesionālajām vajadzībām

Sadarbība un pašdisciplīna	Tiek veicināta pedagoga un izglītojamo sadarbība un izglītojamo pašdisciplīna
----------------------------	---

Piezīme. Tabula izstrādāta, balstoties studentcentrētās mācīšanās un kognitīvās attīstības principiem (Green et al., 2018; Zoller, 2000; Fadel et al., 2015).

Pedagoģiskais process intensīvām izlīdzinošām mācībām izlīdzinošajosursos ir savstarpēji saistītu elementu un to komponentu mijsakarbība. Šo mijsakarbību konceptuālais atspoguļojums ir parādīts 3. attēlā.



3. att. Intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) pedagoģiskā procesa strukturālais modelis. Avots - autores izstrāde, balstoties Mishra & Koehler, 2006; Lederman, 1999; Zoller, 2000; Broks, 2007; Vedins, 2008.

3. attēlā redzams intensīvo izlīdzinošo mācību pedagoģiskā procesa strukturālais modelis, kurā savstarpēji mijiedarbojas satura, pedagoģiskā, saziņas un izglītojamā komponente. Centrālā loma modelī piešķirta saziņas komponentei, kas nodrošina pedagoģiskā procesa koordināciju un atgriezenisko saiti starp pārējām komponentēm. Intensīvās izlīdzinošās mācības tiek organizētas kā savstarpēji saistītu komponentu sistēma, kuras efektivitāti nosaka šo elementu mijiedarbība un dinamiskā attīstība (Broks, 2007; Vedins, 2008).

Satura komponente veido mācību procesa konceptuālo pamatu un ietver mācību materiālus, digitālos resursus, uzdevumus, jēdzienu skaidrojumus un konceptuālos modeļus, kas palīdz izglītojamajiem veidot strukturētu izpratni par mācību priekšmeta

likumsakarībām. Izglītojamā komponente raksturo izglītojamā zināšanu, prasmju un kompetenču līmeni, mācību progresu, individuālās vajadzības un attīstības potenciālu, nodrošinot mācību procesa individualizāciju.

Pedagoģiskā komponente ietver mācību procesa organizācijas principus, metodes, mācību līdzekļus, vērtēšanu un atgriezeniskās saites mehānismus, kas palīdz analizēt sasniegumus un regulēt mācīšanās procesu (*Black & Wiliam, 1998; Black et al., 2004*). Savukārt saziņas (komunikācijas) komponente nodrošina pedagoga un izglītojamo mijiedarbību, informācijas apmaiņu, sadarbību un mācību procesa koordināciju.

Digitālo tehnoloģiju attīstība būtiski ietekmē mācību procesa organizāciju, veicinot jaunu mācību formu un pedagoģisko pieeju attīstību (*European Commission, 2021; OECD, 2023d; Allen & Seaman, 2015; Jansen & Schuwer, 2015*). Digitālās mācību vides paplašina iespējas individualizācijai, sadarbībai un mācību resursu pieejamībai (*Allen & Seaman, 2015; Jansen & Schuwer, 2015*). Tādējādi šo komponentu savstarpējā mijiedarbība veido intensīvo izlīdzinošo mācību pedagoģiskā procesa struktūru, kas konceptuāli attēlota 3. attēlā.

1.1.3. Kritēriji mācību efektivitātei fizikas satura apguvē intensīvām izlīdzinošām mācībām

Izziņas darbības līmeņu taksonomiju izmantošana nodrošina teorētisku pamatu izglītojamo kognitīvās darbības analīzei un mācību procesa efektivitātes izvērtēšanai. Fizikas izglītībā tas ir īpaši nozīmīgi, jo fizikas mācību saturs prasa ne tikai faktoloģisku zināšanu apguvi, bet arī spēju analizēt dabas parādības, interpretēt eksperimentālos datus un izmantot matemātiskos modeļus problēmu risināšanā.

Intensīvajās izlīdzinošajās mācībās mācību efektivitāti lielā mērā nosaka izglītojamo spēja īsā laika periodā pāriet no zemāka līmeņa kognitīvām darbībām, kas saistītas ar zināšanu reproducēšanu, uz augstāka līmeņa izziņas darbībām, kas ietver analīzi, vispārināšanu un zināšanu pielietošanu jaunās situācijās. Tādēļ izziņas darbības līmeņu analīze kalpo kā viens no būtiskākajiem kritērijiem mācību efektivitātes izvērtēšanai fizikas satura apguvē.

Šajā pētījumā izstrādātajā intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) modelī izziņas darbības līmeņu taksonomijas tiek izmantotas kā metodoloģiskais pamats mācību efektivitātes kritēriju noteikšanai intensīvajās izlīdzinošajās mācībās. Šāda pieeja ļauj sistemātiski analizēt izglītojamo kognitīvās darbības attīstību un izvērtēt pāreju no reproduktīvas uz augstāka līmeņa produktīvu mācīšanos (*Bloom et al., 1956; Anderson & Krathwohl, 2001; Biggs & Collis, 1982; OECD, 2019*). Pētījumā izziņas darbības līmeņu

taksonomijas ir integrētas intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) pedagoģiskā procesa modelī, veidojot teorētisko pamatu kritēriju sistēmai, kas paredzēta mācību efektivitātes izvērtēšanai fizikas satura apgūvē intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā. 7. tabulā apkopotie kritēriji veido pamatu intensīvo izlīdzinošos mācību (IIM) modeļa efektivitātes izvērtēšanai fizikas satura apgūvē.

7. tabula

Mācību efektivitātes kritēriji fizikas satura apgūvē intensīvajās izlīdzinošajās mācībās un to saistība ar IIM modeļa komponentēm

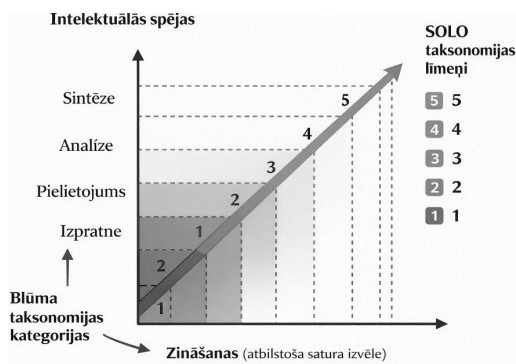
Mācību efektivitātes kritērijs	Izziņas darbības līmenis	Vērtēšanas indikatori	Mērīšanas instruments	Saistība ar IIM modeļa komponentēm
Izziņas darbības līmeņa paaugstināšanās	No zināšanu reproducēšanas līdz analīzei un problēmu risināšanai	Izglītojamaais spēj izskaidrot fizikas jēdzienus, analizēt situācijas un formulēt secinājumus	Diagnostikas darbi, konceptuālie uzdevumi	Pedagoģiskā komponente; Izglītojamā komponente
Konceptuālās izpratnes attīstība fizikas saturā	Izpratne un analīze	Izglītojamaais identificē fizikas likumsakarības un izprot jēdzienu savstarpējās sakarības	Konceptuālie uzdevumi, diskusijas	Satura komponente; Pedagoģiskā komponente
Zināšanu pielietojums nestandarta situācijās	Analīze un izvērtēšana	Izglītojamaais pielieto fizikas zināšanas jaunās situācijās un risina problēmu uzdevumus	Problēmorientēti uzdevumi, eksperimentālie darbi	Satura komponente; Izglītojamā komponente
Mācīšanās progresija intensīvā mācību procesā	Pāreja starp izziņas līmeņiem	Novērojama izglītojamo snieguma uzlabošanās un izziņas darbības dziļuma pieaugums	Diagnostikas un noslēguma pārbaudes darbi	Saziņas komponente; Pedagoģiskā komponente; Izglītojamā komponente

Piezīme. Kritēriji izstrādāti, balstoties uz izziņas darbības taksonomiju pieejām, Bloom et al., 1956; Anderson & Krathwohl, 2001 un starptautisko izglītojamo sasniegumu vērtēšanas pieeju dabaszinātnēs, OECD, 2019.

Izglītojamo sasniegumu vērtēšanai nepieciešami instrumenti, kas ļauj noteikt izziņas darbības dziļumu un sarežģītību. Šim nolūkam izglītības pētniecībā plaši izmanto izziņas darbības taksonomijas, kas sistematizē domāšanas līmeņus un palīdz analizēt kognitīvās darbības attīstību (Bloom, Hastings & Madaus, 1971; Anderson & Krathwohl, 2001). Izziņas darbības dziļumu iespējams novērtēt ar uzdevumiem, kas prasa arvien sarežģītākas domāšanas operācijas un lielāku intelektuālo piepūli (Darling-Hammond & Carter, 2016).

Viena no pazīstamākajām pieejām ir Blūma taksonomija, kurā izšķirti seši kognitīvās darbības līmeņi: zināšanu atcerēšanās, izpratne, lietošana, analīze, sintēze un izvērtēšana (*Bloom et al.*, 1956). Tā ļauj strukturēt mācību mērķus un analizēt domāšanas procesu attīstību. Savukārt *OECD PISA* pētījumos izglītojamo sniegums tiek vērtēts sešos līmeņos, uzsverot spēju izmantot zinātniskās zināšanas un risināt dažādas sarežģītības problēmsituācijas (*OECD*, 2019). *SOLO* taksonomija piedāvā atšķirīgu skatījumu, koncentrējoties uz izpratnes struktūru un zināšanu integrācijas pakāpi (*Biggs & Collis*, 1982; *Biggs*, 1999). Tā analizē, cik lielā mērā izglītojamais spēj sasaistīt informācijas elementus, veidot vispārīnājumus un pāriet no virspusējas uz dziļāku mācīšanos. Blūma taksonomija raksturo domāšanas operāciju veidus, *PISA* pieeja – zināšanu pielietojumu dažādos kontekstos, bet *SOLO* – izpratnes struktūru un zināšanu integrāciju. Tādējādi šīs pieejas savstarpēji papildina cita citu un nodrošina daudzdimensionālu skatījumu uz izziņas darbības attīstību.

Fizikas izglītībā šāda pieeja ir īpaši nozīmīga, jo fizikas apguve prasa ne tikai teorētisko jēdzienu izpratni, bet arī spēju analizēt dabas parādības, interpretēt eksperimentālos rezultātus un izmantot matemātiskos modeļus problēmu risināšanā. Tāpēc šajā pētījumā izziņas darbības līmeņu analīze izmantota kā pamats mācību efektivitātes kritēriju noteikšanai fizikas satura apgūvē intensīvajās izlīdzinošajās mācībās. Definētie kritēriji ir sasaistīti ar intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) modeļa komponentēm (4. attēls).



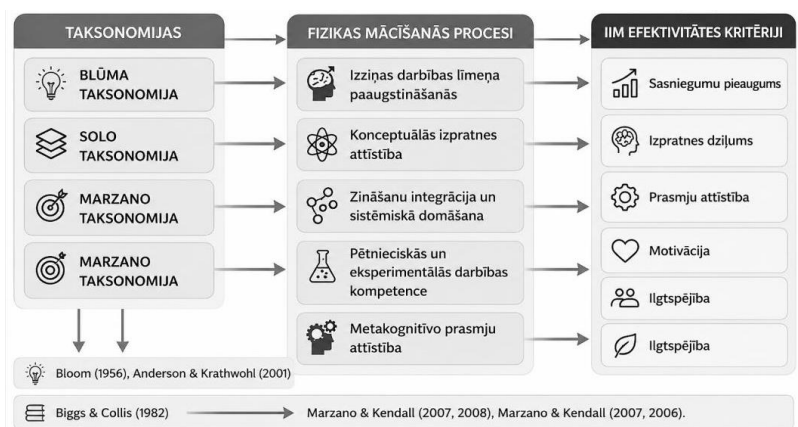
4. att. Mijšakarības starp konceptiem. Avots - adaptēts no *Bloom*, 1956; *Anderson & Krathwohl*, 2001; *Biggs & Collis*, 1982; *Targamadžē & Nauckūnaitē*, 2009.

Apkopojot izziņas darbības taksonomiju teorētiskās pieejas, var secināt, ka mācīšanās kvalitāte ir cieši saistīta ar izziņas darbības līmeņu attīstību, konceptuālās izpratnes veidošanos un spēju integrēt zināšanas dažādās problēmsituācijās. Blūma, *SOLO*

un Marzano taksonomijas nodrošina teorētisku ietvaru šo procesu analīzei gan kognitīvo, gan metakognitīvo darbību līmenī. To integrācija veido metodoloģisku pamatu fizikas mācīšanās procesu analīzei un mācību efektivitātes kritēriju noteikšanai intensīvajās izlīdzinošajās mācībās. Izglītojamo izzīņas darbības analīzē plaši izmanto Blūma un SOLO taksonomijas, kas piedāvā atšķirīgus skatījumus uz mācīšanās dziļumu un kognitīvās darbības attīstību (*Bloom et al.*, 1956; *Anderson & Krathwohl*, 2001; *Biggs & Collis*, 1982). Blūma taksonomija strukturē izzīņas procesus sešos līmeņos – zināšanu atcerēšanās, izpratne, lietošana, analīze, sintēze un izvērtēšana, savukārt SOLO taksonomija koncentrējas uz izpratnes struktūras attīstību un zināšanu integrācijas pakāpi (*Biggs & Collis*, 1982; *Biggs*, 1999). Blūma pieeja raksturo domāšanas operāciju veidus, bet SOLO ļauj analizēt, cik lielā mērā izglītojamais spēj sasaistīt zināšanu elementus vienotā konceptuālā struktūrā. Šīs pieejas papildina Marzano un Kendall izglītības mērķu taksonomija, kas balstīta uz informācijas apstrādes procesiem un metakognitīvās domāšanas nozīmi mācīšanās procesā (*Marzano & Kendall*, 2007; *Marzano & Kendall*, 2008). Marzano modelī mācīšanās tiek aplūkota kā savstarpēji saistītu kognitīvo, metakognitīvo un motivācijas sistēmu darbība, uzsverot izglītojamo spēju plānot, kontrolēt un izvērtēt savu mācīšanos (*Marzano & Kendall*, 2008).

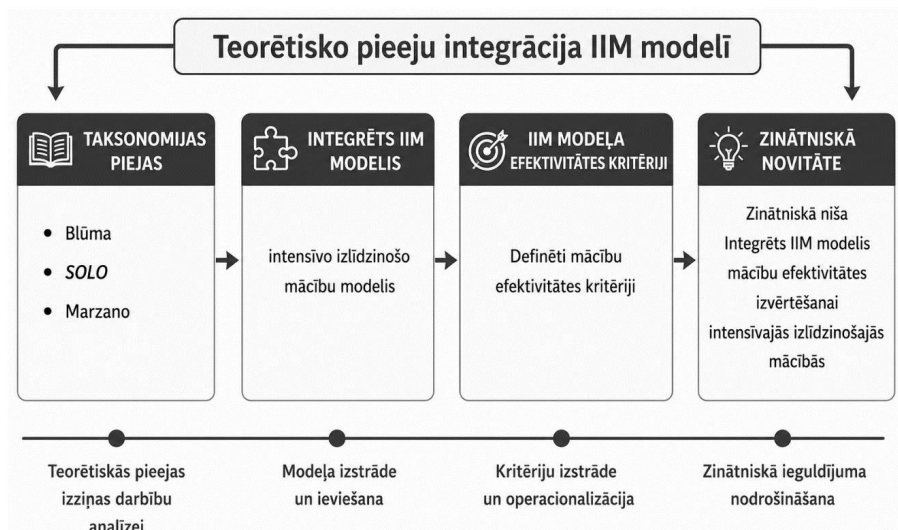
Fizikas izglītībā šo taksonomiju izmantošana ir īpaši nozīmīga, jo fizikas apguve ietver ne tikai teorētisko jēdzienu izpratni, bet arī spēju formulēt problēmas, izvirzīt hipotēzes, plānot eksperimentus, analizēt datus un formulēt secinājumus. Šādas darbības prasa gan augstāka līmeņa kognitīvās, gan metakognitīvās prasmes (*Fadel, Bialik & Trilling*, 2015). Kā norādīts pētījumā, “studentcentrētas un digitāli bagātinātas pieejas STEM izglītībā vēl nav pilnībā integrētas praksē” (*European Schoolnet*, 2018). Tādēļ izzīņas un metakognitīvo procesu attīstība ir būtisks priekšnoteikums efektīvai fizikas satura apguvei, īpaši intensīvajās izlīdzinošajās mācībās. Balstoties minētajās teorētiskajās pieejās, šajā pētījumā izzīņas darbības taksonomiju analīze izmantota kā teorētiskais pamats mācību efektivitātes kritēriju noteikšanai fizikas satura apgūvē intensīvajās izlīdzinošajās mācībās. Kritēriji raksturo pāreju no zināšanu reproducēšanas uz konceptuālu izpratni, zināšanu integrāciju, pētniecisko darbību un metakognitīvo prasmju attīstību. Tie ir integrēti intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) modelī, kur mācību efektivitāte tiek vērtēta, analizējot izglītojamo izzīņas darbības attīstību un fizikas mācīšanās procesa kvalitāti. Šo teorētisko pieeju sasaisti ar IIM efektivitātes kritērijiem konceptuāli attēlo 5. attēls.

Modeļa teorētisko pamatu veido Blūma, *SOLO* un *Marzano* taksonomijas, kas dažādos aspektos raksturo izglītojamo kognitīvās un metakognitīvās darbības attīstību mācīšanās procesā. Blūma taksonomija strukturē kognitīvās darbības līmeņus, *SOLO* taksonomija raksturo izpratnes struktūras attīstību, savukārt *Marzano* taksonomija papildina šo skatījumu ar metakognitīvās un motivācijas sistēmas nozīmi mācīšanās procesā. Šo teorētisko pieeju integrācija modelī ļauj identificēt galvenos fizikas mācīšanās procesus, tostarp konceptuālās izpratnes veidošanos, zināšanu integrāciju, pētniecisko un eksperimentālo darbību, kā arī metakognitīvo prasmju attīstību. Balstoties uz šiem procesiem, pētījumā tiek definēti mācību efektivitātes kritēriji fizikas satura apguvē intensīvajās izlīdzinošajās mācībās, kas kalpo par pamatu IIM pedagoģiskā procesa izvērtēšanai.



5. att. Taksonomiju pieeju sasaistījums ar fizikas mācīšanās procesiem un intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) efektivitātes kritērijiem. Avots - autores veidots, balstoties *Bloom et al.*, 1956; *Anderson & Krathwohl*, 2001; *Biggs & Collis*, 1982.

Šī pētījuma novitāte ir minēto teorētisko pieeju integrācija vienotā konceptuālā modelī, kas ļauj sistemātiski analizēt izglītojamo izziņas darbības attīstību un noteikt mācību efektivitātes kritērijus intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā. Konceptuālais teorētiskais ietvars, kas attēlots 6. attēlā, parāda izziņas darbības taksonomiju pieeju integrāciju ar fizikas mācīšanās procesiem un intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) efektivitātes kritērijiem.



6. att. Teorētisko pieeju integrācija IIM modelī: no izziņas taksonomijām līdz mācību efektivitātes kritērijiem un pētījuma novitātei. Avots - autores veidots, balstoties Bloom *et al.*, 1956; Anderson & Krathwohl, 2001; Biggs & Collis, 1982; Biggs, 1999; Marzano & Kendall, 2007, 2008; Fadel, Bialik & Trilling, 2015.

Neskatoties uz plašo izziņas darbības taksonomiju izmantojumu izglītības pētniecībā, literatūrā joprojām trūkst vienota teorētiska ietvara, kas sistemātiski sasaistītu šīs pieejas ar fizikas satura apguves procesiem intensīvajās izlīdzinošajās mācībās. Lielākā daļa pētījumu analizē atsevišķus izziņas līmeņus vai vērtēšanas pieejas, taču nepiedāvā integrētu modeli mācību efektivitātes kritēriju noteikšanai šādos mācību formātos. Šajā pētījumā piedāvātais intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) modelis aizpilda šo pētniecisko nišu, integrējot dažādas taksonomiju pieejas vienotā sistēmā mācību efektivitātes izvērtēšanai fizikas satura apguvē intensīvajās izlīdzinošajās mācībās.

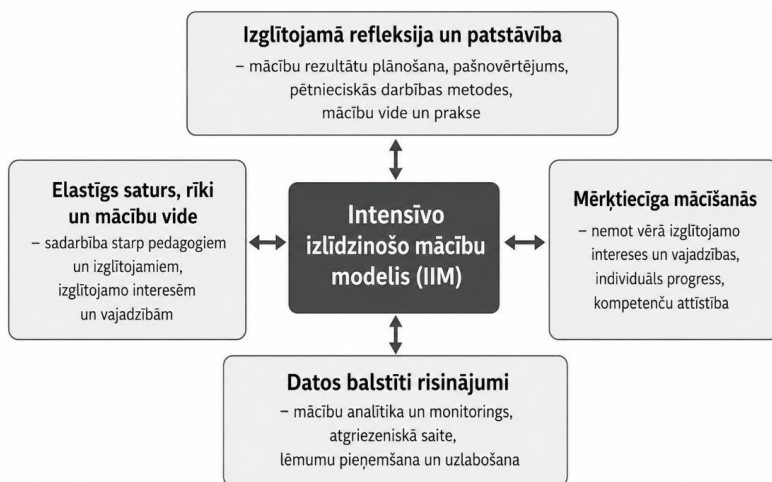
1.1.4. Personalizētas mācīšanās koncepts intensīvām izlīdzinošām mācībām

Pedagoģiskajā literatūrā personalizētā mācīšanās tiek uzskatīta par vienu no nozīmīgākajām mūsdienu izglītības attīstības tendencēm, tomēr tās konceptuālais ietvars joprojām nav pilnībā definēts un rada pedagoģiskus izaicinājumus (Voros, 2001; Kohn, 2015). Vienlaikus daļa pētnieku norāda, ka personalizācijas koncepcija nereti tiek saistīta ar izglītības tehnoloģiju industrijas attīstību un var veicināt pārmērīgu tehnoloģisko risinājumu izmantošanu (Cuban, 2017). Tomēr šīs pretrunas iespējams mazināt, veidojot

skaidrākus regulēšanas mehānismus un pedagoģiski pamatotas personalizētās mācīšanās pieejas (*Patrick et al.*, 2016; *Means*, 2018; *Tavener*, 2017).

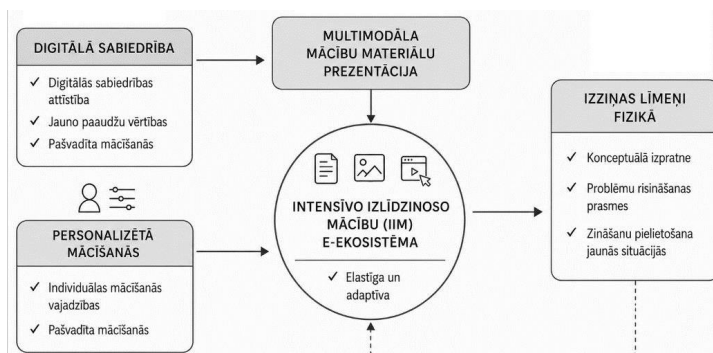
Personalizētās mācīšanās attīstība ir cieši saistīta ar digitālās sabiedrības veidošanos un jauniem mācīšanās paradumiem (*Watters*, 2010). Pētījumi liecina, ka informācijas uztveres veids ietekmē izpratnes dziļumu un mācīšanās kvalitāti (*Singer & Alexander*, 2017). Tādēļ digitālā vide kļūst nozīmīga personalizētā mācīšanās kontekstā, jo tā ļauj pielāgot mācību saturu, tempu un informācijas reprezentācijas formas izglītojamo individuālajām vajadzībām (*Patrick et al.*, 2016; *Means*, 2018).

Vairāki pētījumi norāda, ka personalizēta mācīšanās balstās uz četriem galvenajiem principiem: izglītojamā aktīvu iesaisti, iespēju izvēlēties mācīšanās stratēģijas un metodes, individuālu mācību tempu un mācīšanās procesa refleksiju (*Patrick et al.*, 2016; *Means*, 2018; *European Schoolnet*, 2016). Pedagoģiskajā literatūrā bieži minēts VAK modelis (vizuālais, audiālais, kinestētiskais mācīšanās stils), kas raksturo atšķirīgus informācijas uztveres veidus (*Felder*, 1993; *Coffield et al.*, 2004). Jaunākie pētījumi liecina, ka empīriskie pierādījumi par mācīšanās stilu tiešu ietekmi uz rezultātiem ir ierobežoti, tādēļ lielāka nozīme ir daudzveidīgu mācīšanās stratēģiju izmantošanai (*Pashler et al.*, 2008). Lai gan mācīšanās stilu pieeja ir plaši izmantota (*Felder*, 1993), vairāki autori norāda uz tās metodoloģiskajiem ierobežojumiem (*Coffield et al.*, 2004; *Pashler et al.*, 2008). Tādēļ mūsdienu izglītības pētniecībā uzsvars tiek likts uz multimodālu un adaptīvu mācību pieeju, kas nodrošina elastīgu satura reprezentāciju (*Nguyen, Mosier, Hines, Garnett*, 2022).



7. att. Personalizētās mācīšanās principu integrācija intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) modelī. Avots - autores veidots, balstoties Zimmerman, 2002, Patrick et al., 2016, Means, 2018 un Watters, 2010 izstrādātās koncepcijās.

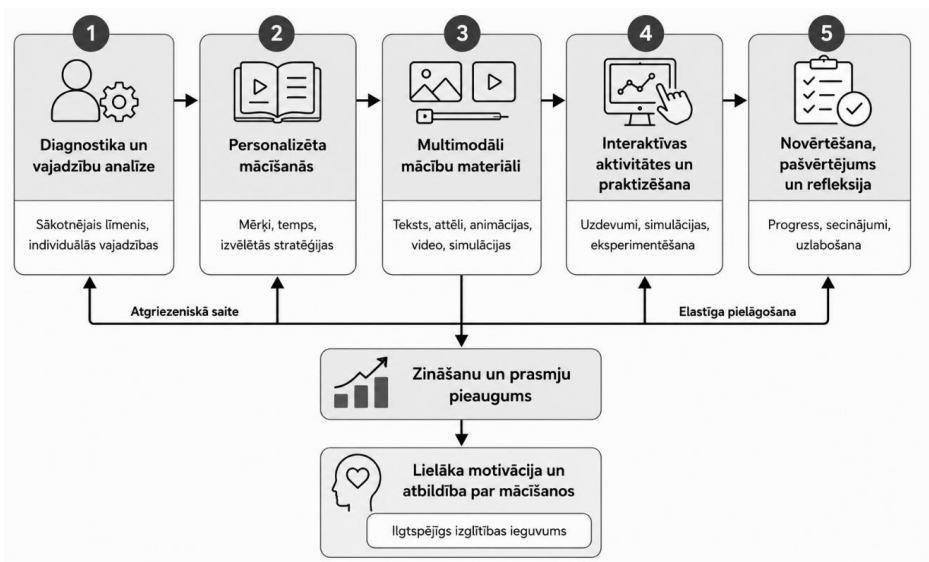
Atbilstoši šai pieejai intensīvajās izlīdzinošajās mācībās saturs tiek piedāvāts dažādās reprezentācijas formās – tekstuālā, vizuālā un audiovizuālā veidā, izmantojot teorētiskos skaidrojumus, shēmas, grafikus, video materiālus un digitālās simulācijas. Šāda daudzveidīga informācijas reprezentācija veicina dziļāku satura izpratni un ļauj izglītojamajiem izvēlēties sev piemērotāko informācijas uztveres un apstrādes veidu. Lai konceptuāli parādītu multimodālu mācību materiālu un personalizētās mācīšanās principu integrāciju intensīvo izlīdzinošo mācību e-ekosistēmā, 8. attēlā attēlots teorētiskais modelis, kas raksturo saikni starp digitālās sabiedrības attīstību, personalizētu mācīšanos un izziņas līmeņu attīstību fizikā.



8. att. Multimodālas informācijas reprezentācijas integrācija personalizētā intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) e-ekosistēmā un tās ietekme uz izziņas līmeņu attīstību fizikā. Avots - autores izstrādāts modelis, balstoties Felder, 1993; Coffield et al., 2004; Mayer, 2009; Clark & Mayer, 2016; Wieman et al., 2008.

Digitālās izglītības pētījumos uzsvērts, ka multimodālu mācību materiālu izmantošana – teksts, attēli, animācijas, video un interaktīvas simulācijas – veicina izglītojamo kognitīvo iesaisti un palīdz efektīvāk apgūt sarežģītus konceptus, īpaši *STEM* jomā (Mayer, 2009; Clark & Mayer, 2016). Šī pieeja balstās uz kognitīvi pamatotas multimedialās mācīšanās principiem, kas nodrošina efektīvu vizuālās un verbālās informācijas integrāciju (Mayer, 2009; Clark & Mayer, 2016). Fizikas izglītībā īpaši nozīmīgas ir interaktīvās simulācijas, kas palīdz vizualizēt abstraktas parādības un veicina konceptuālo izpratni (de Jong & van Joolingen, 1998; Wieman et al., 2008), savukārt tradicionālo mācīšanās stilu pieeju efektivitāte tiek vērtēta kritiski (Coffield et al., 2004). Tādēļ intensīvajās izlīdzinošajās mācībās dažādu informācijas prezentācijas formu izmantošana kļūst par būtisku pedagoģisko principu, kas veicina personalizētu un elastīgu mācību procesu. Šī pieeja ir integrēta arī IIM modelī, kur e-ekosistēma nodrošina piekļuvi daudzveidīgiem mācību materiāliem un ļauj izglītojamajiem izvēlēties sev piemērotākās mācīšanās stratēģijas.

Personalizētā mācīšanās IIM kontekstā ir īpaši nozīmīga, jo izglītojamie kursos iesaistās brīvprātīgi un apzinās savas mācību vajadzības. Tas veicina pašvadītas mācīšanās attīstību (Zimmerman, 2002; Veenman et al., 2014) un maina pedagoga lomu – pedagogs vairāk darbojas kā konsultants un mācīšanās procesa facilitators, atbalstot refleksiju un problēmu risināšanu, nevis sniedzot gatavas atbildes. Nozīmīga loma ir arī pašvērtējumam un refleksijai (9. attēls). Pētījumi liecina, ka spēja novērtēt savu progresu un analizēt mācīšanās procesu veicina motivāciju un atbildību par rezultātiem (Boekaerts, 1999; Hahele, 2006). Personalizēta mācīšanās ietver mērķu izvirzīšanu, stratēģiju izvēli un motivācijas regulēšanu, bet personalizācija tiek interpretēta arī kā vērtībās balstīts lēmumu pieņemšanas process (Berkman, 2016). Vienlaikus pārāk stingra ārējā vērtēšana var mazināt iniciatīvu un orientāciju uz pašu mācīšanās procesu. Šādas pieejas nozīmi apliecina arī pētījumi, kuros uzsvērts, ka spēja patstāvīgi organizēt savu mācīšanos ir viens no būtiskākajiem priekšnoteikumiem mūžizglītībā (Žogla, 2001).



9. att. Personalizētās mācīšanās pieejas integrācija intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) modelī.
Avots - autores izstrādāts modelis, balstoties Zimmerman, 2002; Boekaerts, 1999; Panadero, 2017; Hattie & Timperley, 2007 izstrādātās koncepcijās.

Ņemot vērā minētās teorētiskās atziņas, personalizētās mācīšanās pieeja tiek integrēta arī intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) modelī. Šajā modelī personalizācija tiek īstenota, veidojot elastīgu mācību vidi un e-ekosistēmu, kas ļauj izglītojamajiem izvēlēties dažādas mācīšanās stratēģijas, uzdevumu veidus un informācijas reprezentācijas formas. Tādējādi personalizēta mācīšanās kļūst par vienu no būtiskajiem pedagoģiskajiem principiem, kas nodrošina efektīvu fizikas satura apguvi intensīvajās izlīdzinošajās mācībās.

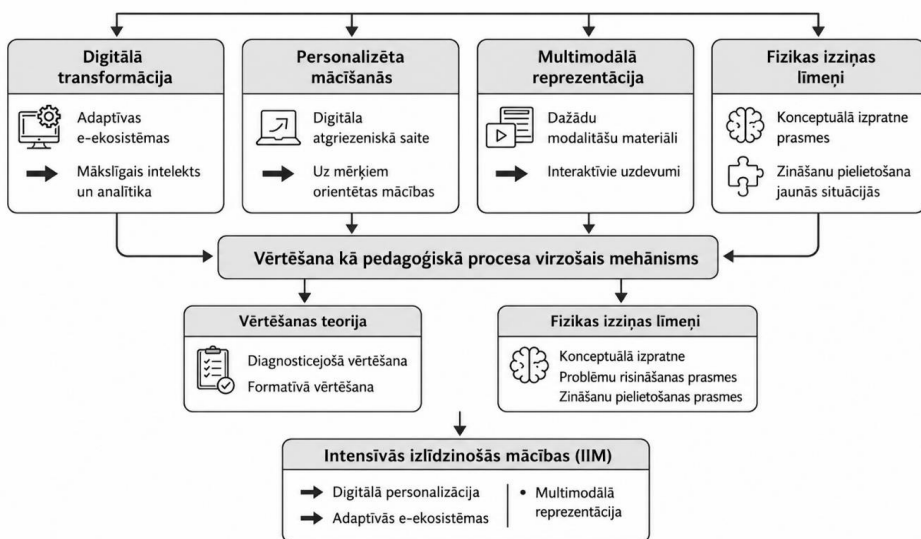
1.1.5. Vērtēšanas nozīme intensīvo izlīdzinošo mācību procesā

Vērtēšana ir būtiska mācību procesa sastāvdaļa, kas nodrošina informāciju par izglītojamo progresu un palīdz pieņemt pedagoģiskus lēmumus. Intensīvajās izlīdzinošajās mācībās tās nozīme ir īpaši svarīga, jo ierobežotā laikā nepieciešams noteikt sākotnējo sagatavotības līmeni, sekot mācīšanās progresam un izvērtēt sasniegtos rezultātus. Tādējādi vērtēšana pilda ne tikai kontrolējošu, bet arī mācību procesa regulēšanas un pilnveides funkciju. Intensīvajās izlīdzinošajās mācībās vērtēšana tiek organizēta kā savstarpēji saistīts cikls, kas ietver diagnosticējošo, formatīvo un summatīvo vērtēšanu. Diagnosticējošās vērtēšanas mērķis ir noteikt izglītojamo priekšzināšanu un prasmju līmeni, identificēt būtiskākās zināšanu nepilnības un pielāgot mācību procesu individuālajām vajadzībām. Tā ir īpaši nozīmīga, jo kursu dalībnieki bieži nāk no

atšķirīgām izglītības vidēm un viņu sagatavotības līmenis ir nevienmērīgs. Diagnostikas rezultāti kļūst par pamatu mācību satura diferenciacijai un individuālu mācīšanās stratēģiju izvēlei. Latvijas diagnosticējošie darbi dabaszinātnēs jau paredz izglītojamo snieguma analīzi eksperimentālajās prasmēs, datu interpretācijā un secinājumu formulēšanā, tādējādi kalpojot arī mācību procesa pilnveidei (VISC, 2016).

Būtiska diagnostiskās vērtēšanas funkcija ir izziņas darbības analīze, vērtējot ne tikai rezultātu, bet arī domāšanas procesu, izmantotās stratēģijas un secinājumu formulēšanu. Šāda pieeja ir saderīga ar *SOLO* taksonomijas principiem. Savukārt formatīvā vērtēšana nodrošina nepārtrauktu mācīšanās procesa atbalstu, izmantojot informāciju par izglītojamo sniegumu turpmāko mācību aktivitāšu pielāgošanai. *Black* un *Wiliam* uzsver, ka kvalitatīva atgriezeniskā saite ir viens no būtiskākajiem mācīšanās progresā veicinātājiem (*Black & Wiliam*, 1998; *Black & Wiliam*, 2009). Intensīvajās izlīdzinošajās mācībās formatīvā vērtēšana ļauj savlaicīgi identificēt grūtības un sniegt nepieciešamo atbalstu. Atgriezeniskā saite bieži tiek organizēta dialoga formā, veicinot refleksiju un aktīvu iesaisti mācību procesā. Formatīvā vērtēšana ietver arī pašvērtējumu un savstarpējo vērtēšanu. Pētījumi liecina, ka spēja analizēt savu progresu un plānot turpmākās darbības pozitīvi ietekmē mācīšanās rezultātus un motivāciju (*Zimmerman*, 2002; *Panadero*, 2017).

Summatīvā vērtēšana tiek izmantota, lai izvērtētu sasniegumus noteikta mācību posma noslēgumā un noteiktu, cik lielā mērā izglītojamais apguvis plānoto saturu un spēj izmantot zināšanas dažādās situācijās (*Joughin*, 2010). Intensīvajās izlīdzinošajās mācībās tā parasti tiek organizēta moduļu vai būtisku mācību posmu noslēgumā, izvērtējot konceptuālo izpratni un spēju patstāvīgi risināt sarežģītākus uzdevumus. Tādējādi intensīvo izlīdzinošo mācību vērtēšanas sistēma balstās uz trīs savstarpēji papildinošu pieeju integrāciju. Diagnosticējošā vērtēšana palīdz noteikt sākotnējo sagatavotību, formatīvā vērtēšana nodrošina nepārtrauktu mācīšanās procesa regulēšanu, bet summatīvā vērtēšana ļauj izvērtēt sasniegto rezultātu kvalitāti un noturību. Šāda pieeja ir saderīga ar intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) modeli, kur mācību process tiek organizēts kā savstarpēji saistītu pedagoģisko darbību sistēma (10. attēls).



10. att. Konceptuālais pedagoģiskā procesa teorētiskais modelis. Avots – autores izstrādāts modelis, izmantojot Black un Wiliam, 1998, Zimmerman, 2002, Panadero, 2017, OECD, 2023 un Joughin, 2010 konceptuālās atziņas.

IIM modelī vērtēšana tiek integrēta mācību e-ekosistēmā un kalpo kā instruments izglītojamo izziņas darbības attīstības veicināšanai. Diagnosticējošā, formatīvā un summatīvā vērtēšana šajā kontekstā netiek aplūkotas izolēti, bet gan kā vienota sistēma, kas palīdz nodrošināt efektīvu fizikas satura apguvi intensīvajās izlīdzinošajās mācībās.

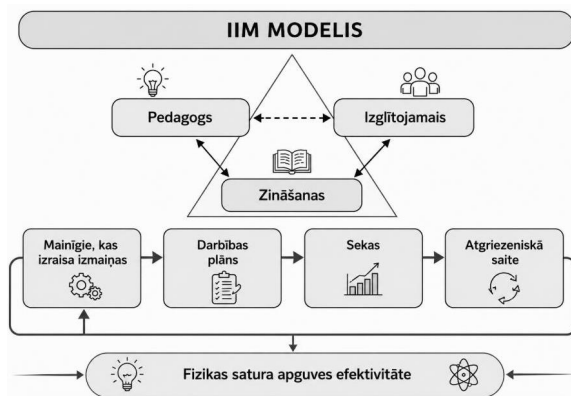
1.2. Izglītības paradigmas maiņa un izaicinājumi šodienas mācību procesam

Pedagoģijas zinātne tradicionāli orientēta uz indivīda ilgtspējīgu attīstību un sabiedrības intelektuālā potenciāla pilnveidi. Digitālās transformācijas laikmetā izglītības paradigma piedzīvo būtiskas pārmaiņas, un mācību process arvien biežāk tiek organizēts kā dinamiska vide, kurā integrējas digitālās tehnoloģijas, personalizētas mācīšanās pieejas un izglītojamo individuālās vajadzības (OECD, 2023c; Alam, 2023; Zhang *et al.*, 2023). Mūsdienu pētījumos mācību process tiek interpretēts kā sistēma, kurā savstarpēji mijiedarbojas izglītojamais, pedagogs un zināšanas, bet šo attiecību raksturs nosaka mācīšanās procesa efektivitāti. Digitālās sabiedrības attīstība veicina pāreju uz elastīgām mācīšanās ekosistēmām, kurās integrētas digitālās, kombinētās un pašvadītās mācīšanās formas (Fullan, 2009; OECD, 2023c). Šādos apstākļos mācību procesam jāspēj pielāgoties tehnoloģiskajām iespējām, izglītojamo pieredzei un individuālajām mācīšanās trajektorijām. Pedagoģiskā procesa efektivitāte ir saistīta ar regulāru mācību procesa

analīzi, rezultātu monitoringu un pedagoģisko stratēģiju pielāgošanu konkrētajai situācijai (Argyris *et al.*, 1985; Anderson, 2008). Vienlaikus būtiska nozīme ir izglītojamo motivācijai, pašregulācijai un individuālajām mācīšanās vajadzībām (Hattie, 2009; Zimmerman, 2002; OECD, 2023c).

Īpaši nozīmīga elastība ir intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā, jo kursu dalībnieki pārstāv atšķirīgas izglītības pieredzes un mācīšanās trajektorijas. Tādēļ nepieciešama individualizēta pieeja un nepārtraukta mācību procesa uzraudzība, kas ļauj operatīvi pielāgot mācību stratēģijas un nodrošināt efektīvāku mācīšanos. Balstoties uz minētajiem teorētiskajiem priekšnosacījumiem, šajā pētījumā izstrādāts integrētais intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) modelis, kas konceptualizēts kā elastīga mācību e-ekosistēma. Tajā integrējas digitālās sabiedrības attīstības tendences, personalizētas mācīšanās stratēģijas un reflektīva mācīšanās procesa vadība. Šāds modelis nodrošina teorētisko ietvaru efektīvai fizikas apguvei intensīvajās izlīdzinošajās mācībās un vienlaikus kalpo par pamatu mācību procesa efektivitātes izvērtēšanai.

Izstrādātais IIM modelis pedagoģisko procesu aplūko kā dinamisku sistēmu, kurā savstarpēji mijiedarbojas pedagogs, izglītojamais un zināšanas. Modelis papildināts ar reflektīvu pedagoģiskā procesa ciklu, kas ietver situācijas analīzi, darbības plānošanu, rezultātu izvērtēšanu un atgriezenisko saiti. Šāda strukturēta pieeja nodrošina elastīgu mācību procesa vadību un veicina efektīvu fizikas satura apguvi intensīvajās izlīdzinošajās mācībās. Integrētais IIM pedagoģiskā procesa modelis attēlots 11. attēlā.



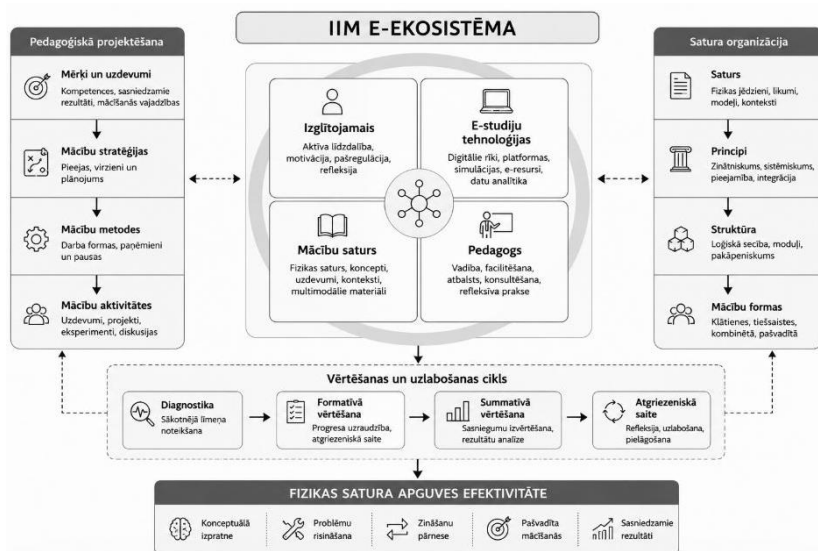
11. att. Pedagoģiskā procesa modelis intensīvajās izlīdzinošajās mācībās. Avots - autores izstrāde, izmantojot konceptuālās atziņas, ko pauduši Anderson, 2008; Argyris, Putnam & Smith, 1985; European Schoolnet, 2017; OECD, 2023c.

1.3. Mūsdienu didaktikas izaicinājumi un digitālā laikmeta mācīšanās teorijas intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā

Mācīšanas un mācīšanās process ir daudzdimensionāla pedagoģiska sistēma, kurā savstarpēji mijiedarbojas pedagogs, izglītojamais, mācību saturs un mācību vide. Didaktika pēta mācību procesa likumsakarības, mērķus, metodes, līdzekļus un rezultātus (Žogla, 2001). Mūsdienu izglītībā tā arvien vairāk tiek interpretēta kā dinamiska mācīšanās organizācijas sistēma, kurā būtiska nozīme ir izglītojamā aktīvai līdzdalībai, sadarbībai un refleksijai. Didaktikas attīstība ir cieši saistīta ar dažādu mācīšanās teoriju attīstību. Pedagoģiskajā literatūrā nozīmīgākās pieejas ir biheiviorisms, konstruktīvisms un sociālais konstruktīvisms (Pollard, 2002; Petty, 2006). Biheiviorisms akcentē novērojamu uzvedību un ārējo stimulu nozīmi, savukārt konstruktīvisms uzsver izglītojamā aktīvu lomu zināšanu konstruēšanā, balstoties uz iepriekšējo pieredzi un jaunas informācijas interpretāciju (Duffy & Jonassen, 1992; Papert & Harel, 2002). Sociālais konstruktīvisms papildina šo skatījumu, uzsverot sociālās mijiedarbības un kultūras konteksta nozīmi zināšanu veidošanās procesā (Vygotsky, 1978). Šajā pieejā būtiska ir sadarbība, refleksija un aktīva līdzdalība mācību procesā. 21. gadsimtā izglītības paradigmas maiņa saistīta ar pāreju uz kompetencēs balstītu pieeju, kur kompetence tiek definēta kā spēja efektīvi izmantot zināšanas, prasmes un attieksmes dažādās situācijās (OECD, 2022; OECD, 2023c). Šāda pieeja uzsver kritisko domāšanu, radošumu, problēmu risināšanu, komunikāciju, sadarbību un mūžizglītību (Fadel, Bialik & Trilling, 2015).

Digitālās sabiedrības attīstība būtiski ietekmē mācību procesa organizāciju, kur arvien nozīmīgāka kļūst pedagoga, izglītojamā, tehnoloģiju un mācību satura mijiedarbība (Tchoshanov, 2013; Cabero, Roig & Mengual, 2017). Šajā kontekstā attīstās e-didaktika, kas pēta digitālo tehnoloģiju integrāciju mācību procesā un tās ietekmi uz mācīšanās kvalitāti (Pellegrino & Hilton, 2012). Dabaszinātņu izglītībā arvien biežāk tiek izmantotas virtuālās laboratorijas, simulācijas un mobilās lietotnes, kas paplašina eksperimentēšanas iespējas ārpus tradicionālās laboratorijas. Digitālajā laikmetā arvien lielāku nozīmi iegūst arī konnektīvisma teorija, kas skaidro mācīšanos kā procesu informācijas tīklos, savienojot dažādus zināšanu avotus, cilvēkus un tehnoloģijas (Siemens, 2005; Downes, 2005). Šī pieeja uzsver spēju meklēt, izvērtēt un izmantot informāciju, kā arī uzturēt saikni ar dažādiem zināšanu avotiem. Mācīšanās tiek aplūkota kā nepārtraukts individuāls un sociāls process, kurā nozīmīga ir sadarbība un zināšanu apmaiņa.

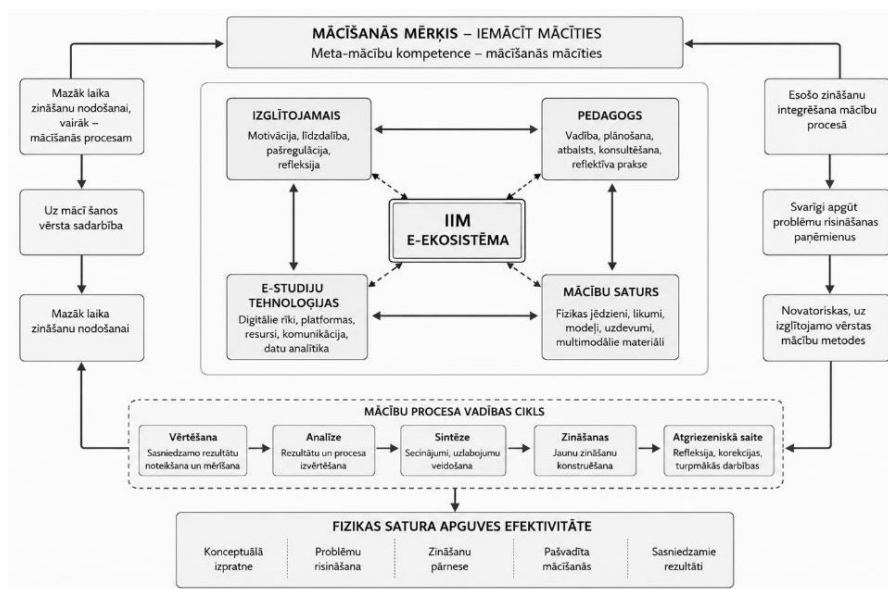
Apkopojot dažādu teorētisko pieeju atziņas, var secināt, ka mūsdienu mācību procesā būtiska nozīme ir izglītojamā aktīvai līdzdalībai, sadarbībai un digitālo tehnoloģiju izmantošanai. Intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā īpaši svarīga ir elastīga mācību procesa organizācija, kas ņem vērā izglītojamo pieredzi, mācīšanās tempu un individuālās vajadzības. Mūsdienu izglītībā mācību process tiek interpretēts kā kompleksa pedagoģiska sistēma, kurā savstarpēji mijiedarbojas izglītojamais, pedagogs, mācību saturs un vide. Sociālais konstruktīvisms uzsvēr zināšanu veidošanos sociālajā mijiedarbībā (Vygotsky, 1978), bet konstruktīvisms – izglītojamā aktīvu lomu zināšanu konstruēšanā (Duffy & Jonassen, 1992). Digitālās izglītības kontekstā arvien nozīmīgāka kļūst tehnoloģiju integrācija pedagoģiskajā procesā (Anderson & Dron, 2011; OECD, 2023d), savukārt konnektīvisms uzsvēr mācīšanos informācijas tīklos (Siemens, 2005). Apvienojot minētās teorētiskās pieejas, pētījumā izstrādāts integrēts IIM e-ekosistēmas modelis, kas raksturo mācību procesa organizāciju digitāli bagātinātā mācību vidē (skat. 12. attēlu).



12. att. IIM e-ekosistēmas modelis. Avots - autores izstrāde, izmantojot konceptuālās atziņas, ko pauduši Vygotsky, 1978; Duffy & Jonassen, 1992; Siemens, 2005; Anderson & Dron, 2011; Pellegrino & Hilton, 2012; OECD, 2023.

IIM e-ekosistēmas modelis, kas raksturo mācību procesa struktūru un galveno pedagoģisko komponentu mijiedarbību digitālajā izglītības vidē, attēlots 12. attēlā. Modeļa centrā atrodas izglītojamā, pedagoga, mācību satura un digitālo mācību tehnoloģiju mijiedarbība, kas nodrošina zināšanu konstruēšanu, sadarbību un reflektīvu mācīšanos (Vygotsky, 1978; Siemens, 2005). Šī pieeja balstās sociālā konstruktīvisma skatījumā, kur

mācīšanās tiek interpretēta kā sociālās mijiedarbības rezultāts (Vygotsky, 1978), un konstruktīvisma principos, kas uzsver izglītojamā aktīvu lomu zināšanu veidošanā (Duffy & Jonassen, 1992). Digitālās tehnoloģijas darbojas kā mācīšanās mediators, paplašinot piekļuvi informācijai un veicinot zināšanu tīklu veidošanos (Siemens, 2005). Ap šo komponentu mijiedarbību organizēts didaktiskais cikls (13. attēls), kas ietver mācību mērķu noteikšanu, satura strukturēšanu, metožu izvēli, mācību organizēšanu, vērtēšanu un atgriezenisko saiti. Šāds cikliskais modelis veicina nepārtrauktu mācību procesa pilnveidi un pašregulētas mācīšanās attīstību (Zimmerman, 2002; Pellegrino & Hilton, 2012). Modelis atbilst digitālās izglītības tendencēm, uzsverot kompetenču attīstību, personalizētu mācīšanos un tehnoloģiju integrāciju (Fadel et al., 2015; OECD, 2023c). Tādējādi IIM e-ekosistēmas modelis kalpo kā teorētisks un metodoloģisks ietvars intensīvo izlīdzinošo mācību organizēšanai un efektīvai fizikas apguvei digitāli bagātinātā vidē.



13. att. Mūsdienu mācību procesa aspekti integrēti IIM e-ekosistēmas modeli intensīvajās izlīdzinošajās mācībās. Avots - autores izstrāde, izmantojot konceptuālās atziņas, ko pauduši Pellegrino & Hilton, 2012; Fadel et al., 2015; OECD, 2023 pētījumus.

Mūsdienu mācību procesa modelis, kas integrēts IIM e-ekosistēmas struktūrā, attēlots 13. attēlā. Modeļa centrā atrodas pedagoģiskā mijiedarbība starp izglītojamo, pedagogu, mācību saturu un e-studiju tehnoloģijām, kas veido mācību procesa pamatu. Šo elementu mijiedarbība nodrošina dinamisku mācīšanās vidi, kurā zināšanas tiek konstruētas, izmantojot digitālās tehnoloģijas, sadarbību un refleksiju. Modelis atspoguļo

mūsdienu didaktikas virzienu, kur mazāka uzmanība tiek pievērsta mehāniskai zināšanu nodošanai, bet lielāka – izglītojamo aktīvai mācīšanās pieredzei, esošo zināšanu integrēšanai, problēmu risināšanas prasmju attīstīšanai un uz izglītojamo vērstām mācību metodēm. Modelis uzsver mācīšanos kā nepārtrauktu procesu, kurā būtiska nozīme ir refleksijai un atgriezeniskajai saitei. Šāda pieeja saskan ar pašregulētas mācīšanās teoriju, kas akcentē izglītojamā spēju plānot, uzraudzīt un izvērtēt savu mācīšanās procesu (Zimmerman, 2002). Integrējot šos principus IIM e-ekosistēmas modelī, tiek veidots strukturēts pedagoģiskais ietvars efektīvai intensīvo izlīdzinošo mācību organizēšanai. Šādos apstākļos nepieciešami integrēti pedagoģiskie modeļi, kas apvieno konstruktīvisma, sociālā konstruktīvisma un konnektīvisma idejas vienotā mācību sistēmā. Šāda pieeja nodrošina elastīgu mācību procesa organizāciju, veicina aktīvu mācīšanos un ļauj efektīvi izmantot digitālās tehnoloģijas mācību procesā. Tā veido teorētisko pamatu integrētā intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) modeļa izstrādei un fizikas satura apguves efektivitātes nodrošināšanai.

Apkopojot analizētās teorētiskās pieejas, var secināt, ka mūsdienu mācību procesā arvien lielāka nozīme ir izglītojamo aktīvai iesaistei, sadarbībai un spējai patstāvīgi konstruēt zināšanas. Kompetencēs balstītā pieeja uzsver ne tikai zināšanu apguvi, bet arī spēju tās pielietot dažādās situācijās (Pellegrino & Hilton, 2012). Digitālās tehnoloģijas paplašina mācīšanās iespējas un veicina zināšanu veidošanos informācijas tīklos (Siemens, 2005; OECD, 2023d), savukārt pašregulētas mācīšanās prasmes kļūst par būtisku mācību procesa sastāvdaļu (Zimmerman, 2002). Šo pieeju integrācija veido teorētisko pamatu IIM e-ekosistēmas modelim, kas piedāvā strukturētu ietvaru mūsdienīgu mācību principu integrēšanai intensīvajās izlīdzinošajās mācībās un efektīvai fizikas satura apguvei.

1.4. Tehnoloģiskās infrastruktūras aspekti

E-studiju tehnoloģiju integrācija intensīvo izlīdzinošo mācību procesā balstās uz pieņēmumu, ka digitālo tehnoloģiju un mācību procesa mijiedarbība būtiski paaugstina pedagoģiskā procesa efektivitāti. Pētījumi liecina, ka digitālie rīki, tiešsaistes platformas un virtuālās mācību vides veicina elastīgu mācību organizāciju, sekmē izglītojamo aktīvu iesaisti un atbalsta individualizētu mācību trajektoriju veidošanu (Bates, 2015; Daniela, 2020; OECD, 2021).

Apakšnodaļā analizēti pētījumi par e-studiju tehnoloģijās balstītām pieejām, to priekšrocībām un ierobežojumiem dažādos izglītības kontekstos, īpašu uzmanību pievēršot to pielietošanai intensīvajās izlīdzinošajās mācībās fizikā. STEM izglītības kontekstā

uzsvērtā virtuālo laboratoriju, simulāciju un interaktīvo platformu nozīme konceptuālās izpratnes attīstībā (*Potkonjak et al.*, 2016; *Tatli & Ayas*, 2013). Vienlaikus izvērtēta e-studiju tehnoloģiju nozīme fizikas satura apguvē, identificējot būtiskākos integrācijas aspektus, kas ietekmē pedagoģiskā procesa kvalitāti. Īpaša uzmanība pievērsta tehnoloģiju atbilstībai mācību mērķiem, izglītības procesa pamatprincipiem un izglītojamo vajadzībām. Tādējādi analizētas biežāk izmantotās digitālās platformas un rīki, kas nodrošina efektīvu pedagoģiskā procesa īstenošanu intensīvajās izlīdzinošajās mācībās. Autores skatījumā e-studiju tehnoloģiju mērķtiecīga integrācija ir būtisks priekšnoteikums personalizētas un datu balstītas mācīšanās īstenošanai intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) modeļi.

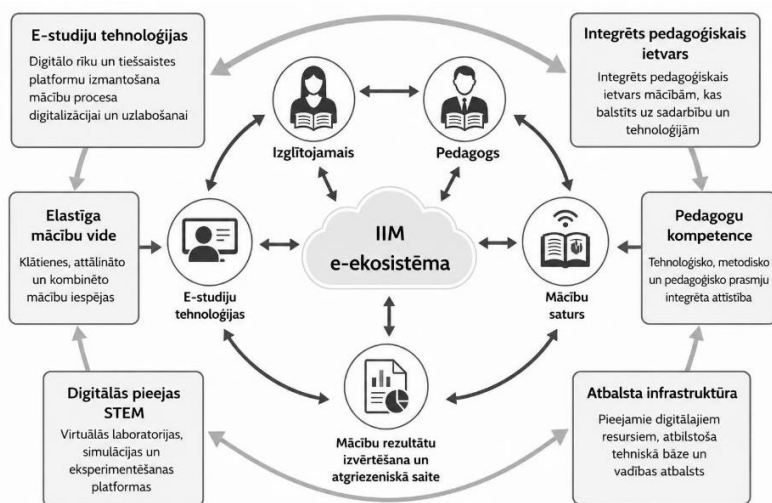
1.4.1. Koncepcija un aktualitāte

E-studiju tehnoloģijas mūsdienu izglītībā tiek interpretētas kā pedagoģiskās mijiedarbības forma, kurā mācību process tiek organizēts, izmantojot digitālās informācijas un komunikācijas tehnoloģijas. Šajā darbā ar e-studiju tehnoloģijām tiek saprasts pedagoga un izglītojamā mijiedarbības kopums, kas balstīts uz digitālajiem rīkiem, tiešsaistes platformām un virtuālajām mācību vidēm. Šāda pieeja akcentē ne tikai tehnoloģiju izmantošanu, bet arī to integrāciju mācību organizēšanā, komunikācijā un vērtēšanā (*Anderson & Whitelock*, 2004; *Anderson & Dron*, 2011; *Daniela*, 2020). Digitālo tehnoloģiju attīstība paplašina mācību organizēšanas iespējas un veicina elastīgu mācīšanās vidi, kur mācības var notikt klātienē, attālināti vai kombinētā formā (*Bates*, 2015; *Allen & Seaman*, 2015). Vienlaikus tehnoloģiju integrācija ietver arī pedagoģisko pieeju, mācību satura organizāciju un izglītojamo iesaisti (*European Commission*, 2021). Mūsdienu izglītības paradigma arvien vairāk orientējas uz izglītojamo kā aktīvu mācību procesa dalībnieku, bet pedagogs kļūst par mācīšanās procesa organizētāju un konsultantu (*Kulvietiene & Šileikiene*, 2006). Digitālās transformācijas procesi veicina mācību resursu pieejamību, sadarbību un inovācijas izglītībā, vienlaikus aktualizējot digitālo kompetenču un infrastruktūras nozīmi (*OECD*, 2023c; *European Commission*, 2021). Īpaši nozīmīga tehnoloģiju izmantošana ir *STEM* jomās, kur plaši tiek izmantotas virtuālās laboratorijas, simulācijas un digitālās eksperimentēšanas platformas (*Tatli & Ayas*, 2013; *Potkonjak et al.*, 2016). Šie rīki ļauj modelēt eksperimentus, analizēt rezultātus un attīstīt pētnieciskās prasmes. Tomēr efektīvai tehnoloģiju integrācijai nepieciešama pedagogu profesionālā kompetence, atbilstoši metodiskie risinājumi un sistemātiska pieeja mācību procesa organizēšanai (*Mandinach & Cline*, 2013; *Bates*, 2015). Tādēļ e-studiju tehnoloģijas

jāaplūko kā kompleksa pedagoģiskā sistēma, kur tehnoloģijas, saturs un metodika veido vienotu mācību vidi. Pētījumi liecina, ka tehnoloģiju integrācija izglītībā notiek pakāpeniski – no atsevišķu digitālo rīku izmantošanas līdz pilnīgai digitālās mācību vides integrācijai izglītības sistēmā (Bates, 2015). Eiropā šo procesu veicina tādas iniciatīvas kā *European Schoolnet* un *Go-Lab*, kas nodrošina digitālās laboratorijas un mācību resursus. Vienlaikus tehnoloģiju efektivitāte ir cieši saistīta ar pedagogu spēju apvienot tehnoloģisko, pedagoģisko un metodisko kompetenci (Buabeng-Andoh, 2012; Bates, 2015).

Digitālās tehnoloģijas būtiski ietekmē arī fizikas mācību procesu. Virtuālās laboratorijas, simulācijas un digitālie eksperimenti veicina pētniecisko darbību un analītisko prasmju attīstību, bet interaktīvās mācību metodes uzlabo mācību sasniegumus salīdzinājumā ar tradicionālajām pieejām (Dori et al., 2007; Dori & Sasson, 2008). Mūsdienu pētījumi norāda, ka digitālie rīki sekmē personalizētu mācīšanos, izglītojamo iesaisti un konceptuālās izpratnes attīstību (Bates, 2015; Daniela, 2020; Potkonjak et al., 2016), savukārt pedagoga kompetence, tehnoloģiju infrastruktūra un mācību saturs veido vienotu mācību ekosistēmu (Fadel et al., 2015; OECD, 2021). Šo faktoru integrācija konceptualizēta integrētajā IIM e-ekosistēmas modelī, kas parāda, kā e-studiju tehnoloģijas, elastīgas mācīšanās formas, digitālās STEM pieejas un pedagogu profesionālās kompetences veido vienotu pedagoģisko sistēmu intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā. 14. attēlā attēlota e-studiju tehnoloģiju integrācija IIM modelī un galvenie faktori, kas ietekmē mācību procesa efektivitāti. Attēlā parādīts konceptuāls modelis, kas ilustrē e-studiju tehnoloģiju lomu integrētajā mācību ekosistēmā. Modeļa centrā atrodas IIM E-ekosistēma, kas apvieno četrus galvenos pedagoģiskos elementus: izglītojamo, pedagogu, mācību saturu un digitālās mācību tehnoloģijas. Šo elementu savstarpējā mijiedarbība nodrošina elastīgu mācību vidi, kurā iespējama klātienē, attālināto un kombinēto mācību formu integrācija.

Tādējādi e-studiju tehnoloģiju integrācija mācību procesā nav tikai tehnoloģisks jautājums, bet gan pedagoģiska inovācija, kas prasa sistemātisku pieeju mācību procesa organizēšanai. Šādā kontekstā īpaši nozīmīgs kļūst procesuāli strukturēts pedagoģiskais modelis, kas nodrošina tehnoloģiju jēgpilnu izmantošanu mācību satura apguvē un ļauj elastīgi integrēt jaunas digitālās iespējas mācību procesā.



14. att. E-studiju tehnoloģiju integrācija IIM e-ekosistēmas modelī intensīvo mācību kontekstā.
 Avots - autores izstrāde, izmantojot konceptuālās atziņas, ko pāduši Bates, 2015; Daniela, 2020; Potkonjak et al., 2016; OECD, 2021.

Digitālās STEM pieejas, piemēram, virtuālās laboratorijas un simulācijas, ļauj izglītojamajiem modelēt fizikas procesus un attīstīt konceptuālo izpratni, kas tradicionālajās mācību vidēs bieži ir ierobežota (Potkonjak et al., 2016; Tatli & Ayas, 2013). Tajā pašā laikā pedagoga kompetence digitālo tehnoloģiju izmantošanā ir būtisks priekšnosacījums efektīvai tehnoloģiju integrācijai mācību procesā (Daniela, 2020; Buabeng-Andoh, 2012). Modelis uzsvēr arī tehnoloģiskās infrastruktūras nozīmi, jo pieejamie digitālie resursi un institucionālais atbalsts būtiski ietekmē digitālo mācību risinājumu ieviešanu un ilgtspējīgu izmantošanu izglītībā (OECD, 2021). Tādējādi IIM e-ekosistēma darbojas kā integrēts pedagoģiskais ietvars, kas nodrošina tehnoloģiju, pedagogu kompetences un mācību satura sinerģiju, sekmējot efektīvāku mācīšanās procesu intensīvo mācību kontekstā.

Tādējādi e-studiju tehnoloģiju integrācija mācību procesā nav tikai tehnoloģisks jautājums, bet gan pedagoģiska inovācija, kas prasa sistemātisku pieeju mācību procesa organizēšanai. Šādā kontekstā īpaši nozīmīgs kļūst procesuāli strukturēts pedagoģiskais modelis, kas nodrošina tehnoloģiju jēgpilnu izmantošanu mācību satura apguvē un ļauj elastīgi integrēt jaunas digitālās iespējas mācību procesā.

Apkopojot analizētos pētījumus par digitālo tehnoloģiju integrāciju izglītībā, secināms, ka e-studiju tehnoloģijas var būtiski paplašināt mācību procesa organizācijas

iespējas, tomēr to efektivitāte ir cieši saistīta ar pedagoģisko pieeju, mācību satura struktūru un pedagogu profesionālo kompetenci (Bates, 2015; Daniela, 2020; OECD, 2021; OECD, 2023). Līdzšinējie pētījumi galvenokārt aplūko atsevišķus digitālās mācīšanās aspektus, piemēram, virtuālo laboratoriju izmantošanu, tiešsaistes platformas vai kombinētās mācīšanās pieejas, taču salīdzinoši maz pētījumu piedāvā integrētu pedagoģisko ietvaru, kas sistemātiski apvienotu šos elementus intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā (Potkonjak et al., 2016; Tatli & Ayas, 2013). Tādēļ, balstoties uz analizēto teorētisko literatūru un pētījuma gaitā identificētajiem pedagoģiskajiem priekšnosacījumiem, šajā promocijas darbā izstrādāts integrētais intensīvo izlīdzinošo mācību modelis (IIM), kas konceptualizē mācību procesa organizāciju kā savstarpēji saistītu pedagoģisko e-ekosistēmu. Šis modelis apvieno izglītojamo, pedagogu, mācību saturu un digitālās mācību tehnoloģijas vienotā sistēmā, kas nodrošina elastīgu, personalizētu un efektīvu fizikas satura apguvi intensīvajās izlīdzinošajās mācībās. Tādējādi pētījuma zinātniskā novitāte izpaužas integrētā pedagoģiskā modeļa izstrādē, kas teorētiski un konceptuāli sasaista digitālās mācību tehnoloģijas ar intensīvo mācību didaktiku un piedāvā strukturētu pieeju fizikas mācīšanas procesa organizācijai.

1.4.2. Fizikas priekšmeta aspekti un e-studiju tehnoloģiju mījsakarības IIM modeli

E-studiju tehnoloģiju integrācija mācību procesā balstās uz pieņēmumu, ka digitālo rīku un pedagoģisko pieeju savstarpējā mijiedarbība var būtiski uzlabot mācību procesa efektivitāti. Zināšanu konstruēšana notiek ne tikai individuāli, bet arī sociālajā un tehnoloģiskajā vidē, izmantojot dažādus informācijas avotus, komunikācijas formas un digitālos rīkus (Gagné et al., 2007; AlDahdouh et al., 2015). Mūsdienu izglītībā tradicionālie mācību līdzekļi tiek papildināti ar informācijas un komunikācijas tehnoloģijām, kas paplašina mācību procesa organizācijas iespējas un nodrošina elastīgāku pieeju mācībām (Bates & Sangrà, 2011; Bates, 2015). Digitālās tehnoloģijas mācību procesā darbojas kā starpnieks starp izglītojamo un zināšanu avotu, nodrošinot piekļuvi informācijai, veicinot izziņas aktivitāti un atbalstot individuālu izpratnes veidošanu par mācību saturu (Banchi & Bell, 2008; Gonzalez-Gomez et al., 2013). Fizikas mācību procesā e-studiju tehnoloģijas īpaši nozīmīgas ir vizualizācijas un modelēšanas iespēju dēļ, kas ļauj izglītojamiem analizēt fizikālās parādības un procesus dažādos mērogos un situācijās (European Schoolnet, 2016).

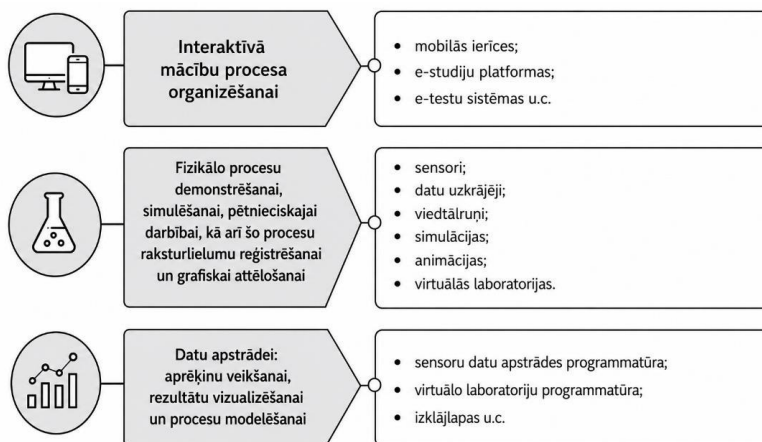
Efektīva e-studiju tehnoloģiju izmantošana ir cieši saistīta ar atbilstošu tehnoloģisko infrastruktūru un pedagogu kompetenci. Digitālās mācību vides nodrošina iespēju

integrāciju īsā laika periodā, kas promocijas darbā tiek risināts, izstrādājot un empīriski aprobējot IIM pedagoģisko modeli.

E-studiju tehnoloģijas intensīvajās izlīdzinošajās mācībās sniedz vairākas priekšrocības. Pirmkārt, tās ļauj izglītojamajiem strādāt individuālā tempā un atkārtot mācību materiālu pēc nepieciešamības. Otrkārt, digitālās platformas nodrošina iespēju izmantot dažādas mācību metodes un pielāgot mācību saturu izglītojamo individuālajām mācīšanās īpatnībām, sekmējot personalizētu mācīšanās procesu (*Alzoun et al.*, 2023; *Katsaris & Vidakis*, 2021). Treškārt, tehnoloģiju izmantošana ļauj elastīgi organizēt mācību vietu un laiku, samazinot ģeogrāfiskos un laika ierobežojumus (*European Schoolnet*, 2016).

Pētījumi liecina, ka virtuālās laboratorijas un simulācijas var būt efektīvs instruments fizikas mācību procesā, jo tās ļauj analizēt sarežģītus vai tieši novērošanai nepieejamus fizikālos procesus (*Tatli & Ayas*, 2013; *Potkonjak et al.*, 2016). Tomēr tehnoloģiju izmantošanai jābūt pedagoģiski pamatotai, jo pastāv risks, ka uzmanība var tikt koncentrēta uz tehnoloģijas lietošanu, nevis uz mācību satura izpratni (*Brasell*, 1987). Digitālo tehnoloģiju izmantošana fizikas mācību procesā aptver vairākus savstarpēji saistītus virzienus – interaktīvu mācību procesa organizēšanu, fizikālo procesu demonstrēšanu un simulēšanu, kā arī eksperimentālo datu apstrādi, modelēšanu un rezultātu vizualizāciju. Šāda pieeja atbilst mūsdienu *STEM* izglītības tendencēm, kur tehnoloģijas tiek izmantotas gan konceptuālās izpratnes veidošanai, gan eksperimentālo datu analīzei (*de Jong et al.*, 2013; *Smetana & Bell*, 2012).

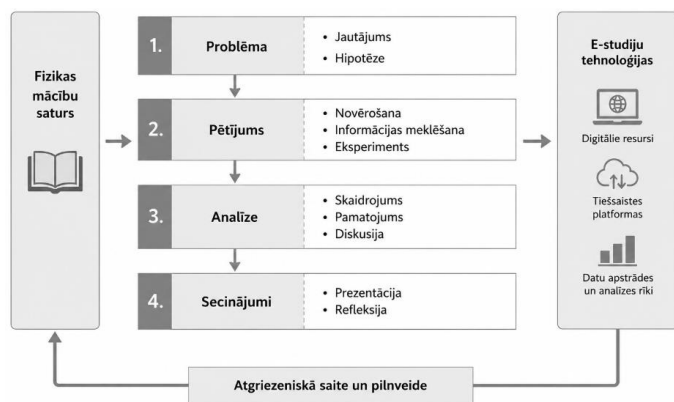
Fizikas mācību procesa būtiska sastāvdaļa ir pētnieciskā darbība, kas ļauj izglītojamajiem attīstīt zinātniskās domāšanas prasmes un izpratni par dabas parādību likumsakarībām (*Banchi & Bell*, 2008). Pētnieciskā pieeja fizikā paredz pakāpenisku pāreju no strukturētām aktivitātēm uz atvērtākiem pētnieciskajiem uzdevumiem, kas prasa lielāku izglītojamo radošumu un patstāvību. 16. attēlā attēlotie digitālo tehnoloģiju izmantošanas virzieni raksturo galvenos tehnoloģiski bagātinātas fizikas mācību vides komponentus, kas nodrošina interaktīvu mācību organizēšanu, fizikālo procesu modelēšanu un eksperimentālo datu analīzi, veicinot dziļāku konceptuālo izpratni un pētnieciskās prasmes fizikas apguvē (*Nikolopoulou*, 2023; *Elmabaredy & Gencel*, 2024).



16. att. Digitālo tehnoloģiju izmantošanas virzieni fizikas mācību procesā. Avots - autores izstrāde, izmantojot konceptuālās atziņas, ko pauduši *Mishra & Koehler, 2006; de Jong et al., 2014; Smetana & Bell, 2012; Wieman et al., 2008.*

Mūsdienu fizikas didaktikas pētījumi uzsver, ka virtuālās laboratorijas, simulācijas un digitālie datu vākšanas rīki būtiski paplašina eksperimentālās mācīšanās iespējas un veicina izglītojamo aktīvāku iesaisti mācību procesā (*Fitriah, 2024*). Šāda pieeja kalpo par teorētisko pamatu promocijas darbā izstrādātajam IIM modelim, kurā digitālo resursu, simulāciju un datu apstrādes rīku integrācija tiek izmantota, lai nodrošinātu efektīvu intensīvo izlīdzinošo mācību procesa organizēšanu. Pētnieciskās mācīšanās cikls ilustrē (17. attēls) galvenos zinātniskās izziņas posmus fizikas mācību procesā – problēmas formulēšanu, pētījuma veikšanu, rezultātu analīzi un secinājumu izdarīšanu. Mūsdienu fizikas didaktikas pētījumi uzsver, ka šāda strukturēta pētnieciskā pieeja veicina konceptuālo izpratni, kritisko domāšanu un spēju interpretēt eksperimentālos datus (*Pedaste et al., 2015; Lazonder & Harmsen, 2016*). Digitālo tehnoloģiju integrācija šajā procesā paplašina eksperimentēšanas un datu analīzes iespējas, īpaši izmantojot simulācijas, virtuālās laboratorijas un e-studiju platformas (*Zacharia et al., 2020*).

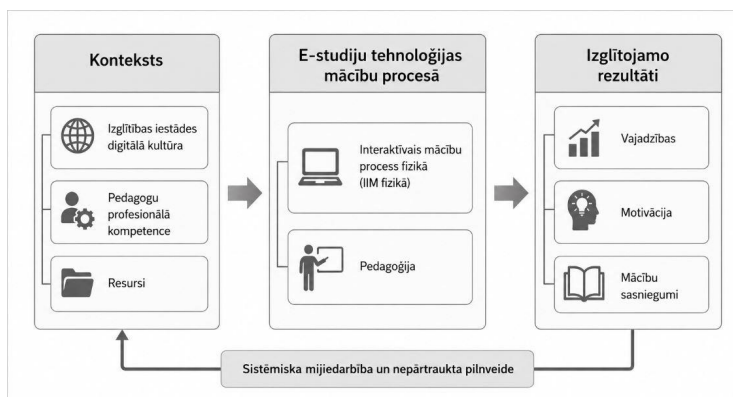
Pētnieciskā mācīšanās pieeja uzsver zinātniskās izziņas procesu kā strukturētu ciklu, kurā izglītojamie formulē problēmu, veic pētījumu, analizē iegūtos rezultātus un formulē secinājumus. Šāda pieeja tiek uzskatīta par vienu no efektīvākajām stratēģijām dabaszinātņu un fizikas apguvē, jo tā attīsta konceptuālo izpratni, kritisko domāšanu un pētnieciskās prasmes (*Pedaste et al., 2015; Lazonder & Harmsen, 2016*).



17. att. Pētnieciskā mācīšanās cikls fizikas mācību procesā, izmantojot e-studiju tehnoloģijas.
 Avots - autores izstrāde, izmantojot konceptuālās atziņas, ko pāduši *Pedaste et al.*, 2015;
Lazonder & Harmsen, 2016; *Zacharia et al.*, 2020.

Mūsdienu izglītības pētījumi vienlaikus uzsver digitālo tehnoloģiju nozīmi šī procesa paplašināšanā, jo simulācijas, virtuālās laboratorijas un digitālās mācību platformas ļauj efektīvāk organizēt eksperimentēšanu, datu analīzi un refleksiju digitālajā mācību vidē (*Zacharia et al.*, 2020; *de Jong et al.*, 2013). Šī teorētiskā pieeja veido pamatu promocijas darbā izstrādātajam IIM pedagoģiskajam modelim, kurā pētnieciskā mācīšanās cikls tiek integrēts digitāli bagātinātā mācību vidē, lai nodrošinātu efektīvu intensīvo izlīdzinošo mācību organizāciju.

Digitālās transformācijas laikmetā izglītības sistēma arvien vairāk orientējas uz kompetenču attīstīšanu, uzsverot kritisko domāšanu, problēmu risināšanu un spēju pielietot zināšanas dažādās situācijās (*Matt et al.*, 2015; *OECD*, 2023d). Fizikas izglītībā tas nozīmē pāreju no faktu reproducēšanas uz konceptuālās izpratnes attīstīšanu un izglītojamo aktīvu iesaisti mācību procesā (*Coletta & Phillips*, 2010). Digitālās tehnoloģijas mūsdienu izglītībā arvien vairāk tiek integrētas kā būtisks pedagoģiskā procesa elements, kas ietekmē gan mācību organizāciju, gan izglītojamo mācību rezultātus. Pētījumi norāda, ka tehnoloģiju efektīva izmantošana mācību procesā ir cieši saistīta ar izglītības iestādes digitālo kultūru, pedagogu profesionālo kompetenci un pieejamo resursu kvalitāti (*Selwyn*, 2016; *Redecker & Punie*, 2017). Vienlaikus e-studiju tehnoloģijas nodrošina iespēju veidot interaktīvu un elastīgu mācību vidi, kas veicina izglītojamo iesaisti un personalizētu mācīšanos (*Laurillard*, 2012; *OECD*, 2023c).



18. att. Mācību konteksta, e-studiju tehnoloģiju un pedagoģisko pieeju mijiedarbības modelis, kas nosaka izglītojamo mācību rezultātus intensīvo izlīdzinošo mācību procesā. Avots - autore izstrāde, izmantojot konceptuālās atziņas, ko pāduši *Redecker, 2017; Selwyn, 2016; Laurillard, 2012; Papageorgiou & Halabi, 2023*

Konceptuāls modelis (18. attēls) raksturo e-studiju tehnoloģiju integrāciju intensīvo izlīdzinošo mācību procesā un tās ietekmi uz izglītojamo rezultātiem. Mācību kontekstu veido izglītības iestādes digitālā kultūra, pedagogu profesionālā kompetence un pieejamie resursi, kas nosaka e-studiju tehnoloģiju izmantošanas kvalitāti pedagoģiskajā procesā.

E-studiju tehnoloģijas, integrētas atbilstošā pedagoģiskajā pieejā, nodrošina interaktīvu mācību procesu fizikā, veicinot izglītojamo aktīvu iesaisti. Šādas mijiedarbības rezultātā veidojas izglītojamo vajadzību apmierināšana, motivācija un mācību sasniegumi. Pētījumi uzsvē, ka pedagogu digitālā kompetence un institucionālais atbalsts būtiski ietekmē tehnoloģiju efektīvu izmantošanu un izglītojamo iesaisti (*Redecker & Punie, 2017; Selwyn, 2016*), savukārt interaktīvas digitālās mācību vides izmantošana veicina dziļāku konceptuālo izpratni un mācību sasniegumus (*Laurillard, 2012; OECD, 2023c*). Fizikas izglītībā digitālās tehnoloģijas nodrošina iespēju vizualizēt sarežģītas parādības, analizēt eksperimentālos datus un veidot interaktīvu mācību vidi, kas veicina dziļāku konceptuālo izpratni (*Daniela, 2020*). Tomēr pētījumi uzsvē, ka tehnoloģiju efektīva integrācija mācību procesā nav reducējama tikai uz digitālo rīku izmantošanu, bet prasa sistemātisku pedagoģisko pieeju, kurā tiek saskaņoti mācību mērķi, saturs, metodika un tehnoloģijas (*Laurillard, 2012; Bates, 2015*). Šāda integrēta pieeja nodrošina mērķtiecīgu tehnoloģiju izmantošanu un veicina izglītojamo aktīvu iesaisti, kā arī ilgtspējīgu mācību rezultātu sasniegšanu. Jaunākie pētījumi uzsvē tehnoloģiski bagātinātās mācīšanās nozīmi, kur digitālās platformas un analītikas rīki veicina pašregulētu mācīšanos, izglītojamo iesaisti un individualizētu zināšanu apguvi (*Khalil & Ebner, 2024; Elmagabedy & Gencel, 2024*;

Nikolopoulou, 2023). Digitālās mācību vides īpaši atbalsta pašvadītu mācīšanos, nodrošinot elastīgu piekļuvi resursiem un personalizētus mācību ceļus.

Intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā literatūrā trūkst konceptuāli strukturēta modeļa, kas sistemātiski integrētu digitālos resursus un pašvadītas mācīšanās mehānismus īsā mācību ciklā. Šīs pētījuma nišas risināšanai darbā izstrādāts un empīriski aprobēts IIM modelis, kas piedāvā teorētiski pamatotu pieeju intensīvo mācību organizācijai digitālajā vidē.

1.5. E-studiju tehnoloģiju iespēju pārskats

Digitālo tehnoloģiju attīstība būtiski ietekmē mācību procesa organizāciju dažādos izglītības līmeņos. E-studiju tehnoloģijas nodrošina elastīgākas mācīšanās formas, paplašina piekļuvi mācību resursiem un veicina interaktīvu mācību vidi (Bates, 2015; OECD, 2020). Pedagoģiem arvien biežāk jāpieņem lēmumi par to, kuras tehnoloģijas ir vispiemērotākās konkrētu mācību mērķu sasniegšanai un izglītojamo vajadzību nodrošināšanai (Daniela, 2020). E-studiju tehnoloģiju izmantošana izglītībā ietver dažādus digitālos rīkus un platformas, kas var atbalstīt mācību procesu gan klātienēs, gan attālinātās mācībās. Pētījumos uzsvērts, ka tehnoloģiju efektivitāte ir atkarīga ne tikai no tehniskajiem risinājumiem, bet arī no pedagoģiskā dizaina un mācību procesa organizācijas (Redecker, 2017; Selwyn, 2016). Šajā pētījumā analizētas vairākas e-studiju tehnoloģiju grupas, kurām ir īpaša nozīme fizikas mācību procesā intensīvajās izlīdzinošajās mācībās. Šīs tehnoloģijas var veicināt pētniecisko mācīšanos, nodrošinot iespēju eksperimentēt, analizēt datus un modelēt fizikālos procesus digitālās vidēs (Potkonjak et al., 2016; de Jong et al., 2013).

Galvenie e-studiju tehnoloģiju veidi, kas mūsdienās tiek izmantoti mācību procesa digitalizācijā un kas var atbalstīt interaktīvu un pētniecisku mācīšanos STEM izglītībā, apkopoti 8. tabulā. Digitālo tehnoloģiju izmantošana mācību procesā ietver dažādus rīkus un platformas, kas var atbalstīt interaktīvu un pētniecisku mācīšanos.

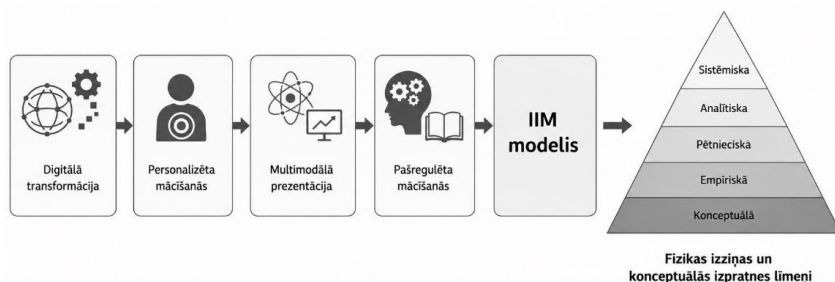
8. tabula
E-studiju tehnoloģiju pedagoģiskais potenciāls un pielietojums fizikas mācību procesā

E-studiju tehnoloģija	Pedagoģiskais potenciāls	Ierobežojumi	Pielietojums fizikas mācību procesā	Atsauces
Papildinātā realitāte (augmented reality)	Veicina abstraktu jēdzienu izpratni, izmantojot 3D vizualizācijas un interaktīvu mijiedarbību ar	Var radīt kognitīvo pārslodzi; nepieciešamas tehniskās prasmes un atbilstošs saturs	Telpisko objektu un fizikālo procesu vizualizācija, piemēram, elektromagnētisko lauku vai atomu	Azuma, 1997; Chen et al., 2016; Fitria, 2023

	digitāliem objektiem		modeļu demonstrēšana	
Mobilās tehnoloģijas (mobile technologies)	Nodrošina piekļuvi mācību resursiem jebkurā laikā un vietā; veicina sadarbību un aktīvu mācīšanos	Ierīču tehniskās atšķirības; iespējama uzmanības novēršana	Datu vākšana eksperimentos ar sensoriem, fizikālo procesu novērošana un grafiku veidošana reāllaikā	<i>Kenny et al., 2012; Ally & Prieto-Blazquez, 2014;</i>
Virtuālās un attālinātās laboratorijas	Nodrošina drošu vidi eksperimentu veikšanai un ļauj simulēt sarežģītus vai bīstamus procesus	Nepilnīgi aizstāj reālo laboratorijas pieredzi; nepieciešama tehnoloģiskā infrastruktūra	Eksperimentu simulācija mehānikā, optikā vai kvantu fizikā; attālināta laboratorijas aprīkojuma izmantošana	<i>Tatli & Ayas, 2013; Potkonjak et al., 2016</i>
Mākoņdatošana (cloud computing)	Nodrošina piekļuvi datiem, programmatūrai un mācību resursiem tiešsaistē; veicina sadarbību	Atkarība no interneta infrastruktūras un datu drošības jautājumi	Eksperimentālo datu uzglabāšana, kopīga datu analīze un piekļuve simulāciju platformām	<i>Armbrust et al., 2010; Daniela, 2020</i>
E-studiju vides un e-ekosistēmas	Integrē mācību materiālus, komunikāciju, vērtēšanu un mācību analītiku vienotā digitālā vidē	Nepieciešama pedagogu digitālā kompetence un platformu uzturēšana	Mācību kursu organizēšana, pētniecisko aktivitāšu koordinēšana un izglītojamo progresā analīze	<i>Bates, 2015; Redecker, 2017</i>
Interaktīvie displeji un interaktīvās tāfeles	Veicina vizuālu un interaktīvu mācīšanos; atbalsta demonstrējumus un kopīgu problēmu risināšanu	Augstas ieviešanas izmaksas un nepieciešama metodiska sagatavotība	Fizikālo procesu demonstrēšana, grafiku analīze un kolektīva uzdevumu risināšana	<i>Daniela, 2020; European Schoolnet, 2020</i>

Kā redzams 8. tabulā, dažādu e-studiju tehnoloģiju integrācija mācību procesā var būtiski paplašināt fizikas mācīšanas un mācīšanās iespējas, veicinot interaktīvu, pētniecisku un personalizētu mācīšanos. Fizikas izziņas līmeņi promocijas darbā tiek definēti kā pakāpeniska izglītojamo fizikas jēdzieniskās izpratnes un zinātniskās domāšanas attīstības struktūra, kas raksturo pāreju no konceptuālas izpratnes par fizikāliem jēdzieniem līdz empīriskai novērošanai, pētnieciskai problēmu risināšanai, analītiskai datu interpretācijai un sistēmiskai fizikālo procesu skaidrošanai. Šāda pieeja balstās uz konstruktīvisma mācīšanās teoriju, pētniecisko mācīšanos un multimodālās reprezentācijas

izmantošanu *STEM* izglītībā, kas uzsver aktīvu zināšanu konstruēšanu un konceptuālās izpratnes attīstību (Ainsworth, 2006; Jonassen, 1999; Pedaste et al., 2015).



19. att. Digitāli bagātinātās mācību vides teorētiskais modelis: digitālās transformācijas, personalizētas mācīšanās, multimodālās reprezentācijas un pašregulētas mācīšanās integrācija IIM modelī fizikas izziņas un konceptuālās izpratnes līmeņu attīstībai. Avots - autores izstrāde, izmantojot konceptuālās atziņas, ko pauduši Ainsworth, 2006; Jonassen, 1999; Laurillard, 2012; Pedaste et al., 2015; Zimmerman, 2002.

19. attēls ilustrē konceptuālu pedagoģisko struktūru, kurā digitālā transformācija izglītībā, personalizēta mācīšanās, multimodālā prezentācija un pašregulēta mācīšanās tiek integrētas IIM modelī, kas veicina izglītojamo progresīvu attīstību dažādos fizikas izziņas līmeņos – no konceptuālās izpratnes līdz analītiskai un sistēmiskai fizikālo procesu interpretācijai (Ainsworth, 2006; Laurillard, 2012; Redecker, 2017; Zimmerman, 2002).

Papildinātā realitāte IIM modelī funkcionē kā tehnoloģisks instruments, kas integrē multimodālas prezentācijas, interaktīvu vizualizāciju un pētniecisko darbību digitāli bagātinātā mācību vidē, tādējādi veicinot izglītojamo progresīvu attīstību dažādos fizikas izziņas līmeņos (Ainsworth, 2006; Chen et al., 2016; Pedaste et al., 2015; Laurillard, 2012). Papildinātās realitātes un virtuālo laboratoriju integrācija mācību procesā ļauj izglītojamajiem drošā digitālā vidē veikt eksperimentus, manipulēt ar fizikāliem objektiem un vizualizēt abstraktus procesus, kas tradicionālajā laboratorijas vidē ne vienmēr ir iespējams. Piem., platforma *Labster* piedāvā interaktīvas 3D simulācijas, kurās apvienoti virtuālie eksperimenti, spēles elementi un pētnieciskās mācīšanās pieeja, tādējādi veicinot izglītojamo konceptuālo izpratni un motivāciju *STEM* mācību priekšmetos (Makransky & Petersen, 2019; Fitria, 2023).



20. att. Elektriskās ķēdes simulācija virtuālajā 3D laboratorijā Labster vidē. Avots - Labster, 2023; izmantots autores pētījumā).

Literatūras analīze par papildinātās realitātes izmantošanu izglītībā liecina, ka šīs tehnoloģijas pedagoģiskais potenciāls ir cieši saistīts ar konstruktīvisma, pētnieciskās mācīšanās un pašregulētas mācīšanās teorētiskajām pieejām. Šo pieeju, tehnoloģisko risinājumu un IIM modeļa savstarpējās saistības apkopotas 9. tabulā.

9. tabula

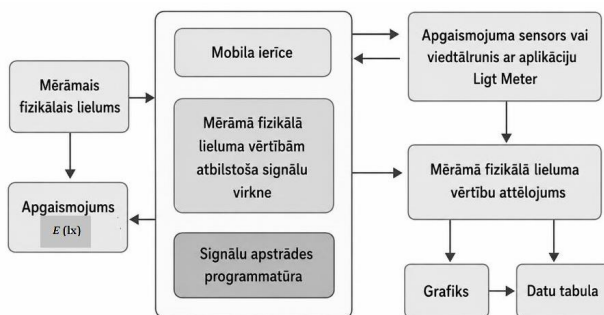
Papildinātās realitātes pedagoģiskais potenciāls IIM modelī

Teorētiskais pamats	PR tehnoloģiskais risinājums	IIM modeļa komponents	Sagaidāmais pedagoģiskais efekts	Atsauces
Konstruktīvisma mācīšanās teorija	Interaktīvas 3D vizualizācijas un digitālo objektu manipulācija	Konceptuālās izpratnes veidošana	Izglītojamie konstruē zināšanas, aktīvi manipulējot ar virtuāliem objektiem	<i>Jonassen, 1999; Chen et al., 2016</i>
Multimodālās reprezentācijas teorija	3D modeļi, animācijas, vizuāli un audio attēlojumi	Multimodāla satura reprezentācija	Uzlabota abstraktu fizikālu jēdzienu izpratne	<i>Ainsworth, 2006; Liou et al., 2017</i>
Pētnieciskā mācīšanās	PR simulācijas un virtuālie eksperimenti	Eksperimentēšana un modelēšana	Attīstās pētnieciskās un analītiskās prasmes	<i>Pedaste et al., 2015</i>
Pašregulētā mācīšanās	Individuāla PR lietotņu izmantošana	Pašvadīta mācīšanās	Attīstās refleksija un pašregulācijas prasmes	<i>Zimmerman, 2002; Fitria, 2023</i>
Digitāli bagātināta mācību vide	PR integrācija e-studiju platformās un virtuālajās laboratorijās	IIM modelis	Veidojas interaktīva un personalizēta mācību vide	<i>Laurillard, 2012; Redecker, 2017</i>

Tabulā apkopotā analīze parāda, ka papildinātā realitāte var kalpot kā efektīvs tehnoloģisks instruments IIM modelī, jo tā integrē multimodālas reprezentācijas, interaktīvu vizualizāciju un pētniecisko darbību, veicinot fizikas konceptuālās izpratnes un izzināšanas līmeņu attīstību. Pētījumi liecina, ka virtuālās un papildinātās realitātes laboratorijas atbalsta eksperimentālo darbību, ļaujot atkārtot eksperimentus, manipulēt ar

simulētiem objektiem un analizēt rezultātus digitāli bagātinātā vidē (*de Jong et al.*, 2013; *Makransky & Petersen*, 2019). Tādējādi tās IIM modeli funkcionē kā pedagoģisks mehānisms, kas sasaista teorētiskās zināšanas ar eksperimentālo darbību un veicina izglītojamo virzību augstākos fizikas izziņas līmeņos (*de Jong et al.*, 1998; *Makransky & Petersen*, 2019). Vēl viens nozīmīgs piemērs ir mobilās tehnoloģijas, kas nodrošina piekļuvi mācību saturam un resursiem, izmantojot viedtālrunus, planšetdatorus un citas mobilās ierīces (*Kenny et al.*, 2012; Juškaite, Dzelzkalēja, Ipatovs, Kapenieks, 2020). Tās paplašina mācīšanās iespējas ārpus tradicionālās klases telpas un ļauj piekļūt mācību resursiem jebkurā laikā un vietā (*Taylor et al.*, 2010; *Kenny et al.*, 2012; *Ally, Al-Zahrani, & Laxman*, 2016; *Juškaite et al.*, 2020).

Pētījumi norāda, ka mobilā mācīšanās ir ne tikai tehnoloģisks, bet arī sociāls fenomens, kas veicina kontekstā balstītu mācīšanos, sadarbību un informācijas apmaiņu starp izglītojamajiem (*Taylor et al.*, 2010; *Park*, 2011; *Schutten, Stokes, & Arnell*, 2017). Mobilās ierīces ļauj kopīgi risināt mācību uzdevumus dažādos kontekstos (*Park*, 2011). Fizikā īpaša nozīme ir sensoru tehnoloģijām, kur fizikālais lielums tiek uztverts ar sensoru, pārvērsts elektriskā signālā, apstrādāts programmatūrā un attēlots grafiskā vai tabulārā formā. Šāda pieeja raksturīga mūsdienu digitālajām mērījumu sistēmām un sensoru tehnoloģijām (*Doebelin & Manik*, 2007; *Horowitz & Hill*, 2015).



21. att. Apgaismojuma mērīšanas procesa shēma, izmantojot mobilās ierīces sensoru un lietotni Light Meter. Avots - autores veidots, balstoties mērījumu teorijas principos (*Doebelin & Manik*, 2007; *Horowitz & Hill*, 2015).

Eksaktajās un tehniskajās nozarēs mobilās tehnoloģijas bieži tiek izmantotas kopā ar sensoriem un datu uzkrājējiem, veidojot uz mikrodatoriem balstītas laboratorijas (MBL), kas ļauj automātiski reģistrēt, apstrādāt un analizēt eksperimentālos datus (*Ally & Prieto-Blazquez*, 2014; Juškaite, Ipatovs, Kapenieks, 2019; *Russell, Lucas, & McRobbie*, 2004; *Coştu & Bayram*, 2024). Sensoru izmantošana nodrošina kvantitatīvu un kvalitatīvu datu

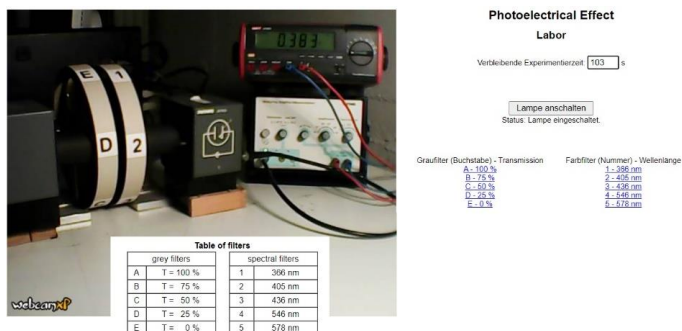
iegūšanu, rezultātu grafisku analīzi un dziļāku izpratni par fizikālajiem procesiem (*Brasell, 1987; Dudareva, 2013; Juškaite et al., 2019*). Automātiska datu reģistrēšana samazina mērījumu kļūdas un ļauj vienas nodarbības laikā veikt vairāk eksperimentu, attīstot pētnieciskās, problēmu risināšanas un datu interpretācijas prasmes (*Sharples, Taylor, & Vavoula, 2010; Russell et al., 2004; Dudareva, 2013*). Vienlaikus mobilās tehnoloģijas veicina aktīvu un personalizētu mācīšanos, ļaujot izglītojamajiem veidot un koplietot mācību saturu dažādos kontekstos (*Chee et al., 2017; Juškaite et al., 2019*).

Promocijas darbā mobilās tehnoloģijas tiek aplūkotas kā IIM modeļa instruments, kas atbalsta pētniecisko darbību un eksperimentālo datu analīzi digitāli bagātinātā vidē. Sensoru izmantošana ļauj vienlaikus novērot fizikālos procesus, analizēt grafikus un interpretēt rezultātus, veicinot izglītojamo virzību augstākās fizikas izziņas līmeņos. Tādējādi mobilās tehnoloģijas IIM modelī sasaista teorētisko izpratni ar eksperimentālo darbību un datu analīzi. *STEM* izglītībā eksperimentālā darbība ir būtiska teorijas un prakses sasaistīšanai, tomēr tradicionālās laboratorijas ierobežo aprīkojuma pieejamība, izmaksas un laiks. Tādēļ arvien plašāk tiek izmantotas virtuālās un attālinātās laboratorijas, kas paplašina eksperimentālās izziņas iespējas digitālajā vidē (*de Jong, Linn, & Zacharia, 2013; Potkonjak et al., 2016*). Pētījumi rāda, ka virtuālie eksperimenti nodrošina līdzvērtīgus vai pat augstākus mācīšanās rezultātus nekā tradicionālie, piedāvājot drošību, pieejamību, iespēju atkārtot eksperimentus un modelēt sarežģītas situācijas (*Tatli & Ayas, 2013; Potkonjak et al., 2016*).

Piemēram, fotoelektriskā efekta izpētei iespējams izmantot attālinātās laboratorijas (*RCLs; Ludwig-Maximilians-Universität München un Universität der Bundeswehr München*), kur var analizēt elektronu enerģiju un noteikt Planka konstanti, tādējādi ilustrējot gaismas kvantu dabu (*Juškaite, 2019*). Šāda pieeja atbilst IIM e-ekosistēmas principiem, kuros digitālās tehnoloģijas tiek integrētas personalizēta, elastīga un uz datiem balstīta mācību procesa nodrošināšanai. Virtuālās un attālinātās laboratorijas sekmē individuālu mācīšanās trajektoriju veidošanu un padziļina fizikas izziņas līmeņu sasniegšanu, īpaši heterogēnas sagatavotības apstākļos.

Pētījumi liecina, ka virtuālās laboratorijas var efektīvi papildināt vai noteiktos gadījumos pat aizstāt tradicionālās laboratorijas aktivitātes, nodrošinot elastīgāku mācību vidi un paplašinot piekļuvi eksperimentālajām aktivitātēm (*Brinson, 2015*). Šādas laboratorijas ļauj veikt simulētus eksperimentus neatkarīgi no fiziskās laboratorijas pieejamības, tādējādi palielinot mācību procesa pieejamību un organizatorisko elastību.

Virtuālo laboratoriju izmantošana nodrošina arī plašāku resursu un digitālo rīku daudzveidību, kas ļauj modelēt dažādus fizikas procesus, manipulēt ar eksperimenta parametriem un atkārtot eksperimentus bez materiālu vai aprīkojuma ierobežojumiem (Potkonjak et al., 2016). Šāda pieeja veicina teorijas un prakses integrāciju, jo izglītojamie var vienlaikus analizēt teorētiskos modeļus un novērot to izpausmes simulācijās (de Jong et al., 2013).



22. att. Attālinātās laboratorijas piemērs. Avots- Go Lab, RCLs, 2020.

Svarīgs virtuālo laboratoriju izmantošanas aspekts ir arī izglītojamo aktīvāka iesaiste mācību procesā. Digitālās simulācijas ļauj izglītojamajiem patstāvīgi eksperimentēt, analizēt rezultātus un pieņemt lēmumus par eksperimenta parametru maiņu, kas veicina pētniecisko prasmju attīstību un pašvadītu mācīšanos (Makransky, Thisgaard, & Gadegaard, 2016). Turklāt virtuālās laboratorijas nodrošina iespēju diferencēt uzdevumus, pielāgojot eksperimentus dažādiem izglītojamo sagatavotības līmeņiem un mācīšanās vajadzībām (Tatli & Ayas, 2013).

Virtuālo laboratoriju galvenās priekšrocības, kas balstītas literatūras analīzē (Brinson, 2015; Potkonjak et al., 2016; Tatli & Ayas, 2013; de Jong et al., 2014; Makransky et al., 2019): mācību vides elastība, teorijas un prakses integrācija, resursu daudzveidība, izglītojamo aktivitāte un patstāvība, kā arī diferenciācijas iespējas. Šādas laboratorijas kopā ar mācību scenārijiem nodrošina mācību analīzi, kas veicina pētniecisko prasmju un profesionālo kompetenču attīstību un uzlabo laboratorijas mācību pieredzi. Attālinātās laboratorijas ļauj vadīt reālus fiziskus eksperimentus tiešsaistē, kontrolējot iekārtas universitāšu laboratorijās, tādējādi paplašinot piekļuvi eksperimentiem neatkarīgi no atrašanās vietas. Mūsdienu projekti, piemēram, *Go-Lab*, *Phet* u. c. piedāvā plašu simulāciju un attālināto eksperimentu klāstu, integrējot arī mācību analītiku un pētniecisko prasmju attīstību. Tomēr virtuālajām laboratorijām ir arī izaicinājumi. Tehnoloģiju novecošana un

nesaderība ar jaunām sistēmām prasa regulāri atjauninātus risinājumus (*Potkonjak et al.*, 2016). Pastāv arī reālisma trūkuma risks, kas var mazināt izpratni par fiziskiem ierobežojumiem (*Basher & Isa*, 2006). Tādēļ pētījumi uzsver kombinētas pieejas nozīmi, kur virtuālās laboratorijas papildina klātienē eksperimentus (*Tatli & Ayas*, 2013; *Potkonjak et al.*, 2016).

Go-Lab projekts (2012–2016) būtiski veicināja virtuālo laboratoriju attīstību Eiropā, piedāvājot *Graasp* platformu pētniecībā balstītu mācību aktivitāšu organizēšanai, balstoties uz *IBSE* principiem (*de Jong et al.*, 2014; *Go-Lab Consortium*, 2016). Pētījumi apliecina, ka virtuālās laboratorijas var efektīvi papildināt vai noteiktos gadījumos aizstāt tradicionālās, nodrošinot elastīgu vidi un dziļāku konceptuālo izpratni (*Brinson*, 2015; *Makransky, Thisgaard, & Gadegaard*, 2019), kā arī atbalstot diferenciāciju dažādos sagatavotības līmeņos (*Tatli & Ayas*, 2013).

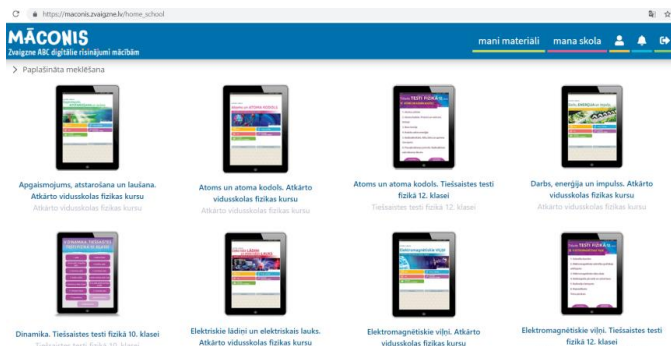
Šāda pieeja ir īpaši nozīmīga intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā. Šajā promocijas darbā virtuālās laboratorijas integrētas IIM pedagoģiskajā modelī kā e-studiju tehnoloģiju elements, kas veicina aktīvu, individualizētu un pētniecībā balstītu mācīšanos, kā arī pašvadītu izziņu. Tās palīdz pārvarēt sagatavotības plaisu, nodrošinot elastīgu un diferencētu mācību vidi. Digitālās transformācijas laikmetā izglītības sistēmā arvien lielāka nozīme tiek piešķirta inovāciju ieviešanai, kas ļauj palielināt mācību procesa efektivitāti un nodrošināt personalizētu mācīšanos. Viens no nozīmīgākajiem tehnoloģiskajiem risinājumiem šajā kontekstā ir mākoņdatošana, kas nodrošina piekļuvi koplietojamiem datu, programmatūras un infrastruktūras resursiem, izmantojot interneta tīklu (*NIST*, 2011; *Papadakis et al.*, 2023). Mākoņdatošanas tehnoloģijas ļauj elastīgi organizēt mācību procesu, samazināt infrastruktūras uzturēšanas izmaksas un nodrošināt piekļuvi digitālajiem mācību materiāliem neatkarīgi no lietotāja atrašanās vietas vai izmantotās ierīces (*Bora & Ahmed*, 2013; *Begum, Sheeba, & Rani*, 2013). Izglītības vidē mākoņdatošana tiek uzskatīta par nozīmīgu alternatīvu tradicionālajām informācijas tehnoloģiju infrastruktūrām, jo tā nodrošina efektīvu datu pārvaldību, vienkāršo programmatūras atjaunināšanu un uzlabo sadarbības iespējas starp izglītojamajiem un pedagogiem (*Jones & Sclater*, 2010; *Yufang*, 2018). Mākoņdatošanas pakalpojumi piedāvā dažādus rīkus dokumentu koplietošanai, komunikācijai un sadarbībai, kā arī iespēju izveidot digitālas mācību vides, kurās iespējams organizēt mācību materiālus, uzdevumus un novērtēšanas aktivitātes. Turklāt mākoņdatošana nodrošina mācību mobilitāti,

pieejamību un elastību, kas ir īpaši nozīmīgi intensīvu mācību kursu kontekstā (*Begum et al.*, 2013).

Pētījumi liecina, ka mākoņdatošanas pakalpojumi var būtiski samazināt izglītības iestāžu tehnoloģiskās infrastruktūras uzturēšanas izmaksas, jo lielākā daļa aprēķinu tiek veikta attālinātos serveros, tādējādi samazinot prasības vietējām darbstacijām (*Zaharescu*, 2012; *Almaiah, Al-Khasawneh, & Althunibat*, 2020). Mākoņdatošanas pakalpojumiem var piekļūt no dažādām ierīcēm, tostarp datoriem, planšetdatoriem un viedtālruniem, kas veicina mācību procesa pieejamību un nepārtrauktību (*NIST*, 2011). Izglītības praksē tiek izmantotas dažādas mākoņdatošanas platformas, piemēram, *Google Apps for Education* un *Microsoft Live@Edu*, kas nodrošina e-pasta, dokumentu koplietošanas, kalendāru un citu sadarbības rīku funkcionalitāti (*Zunboylu*, 2010; *Begum et al.*, 2013). Tomēr pētījumi norāda, ka šīs platformas ne vienmēr pilnībā nodrošina visas e-studiju vajadzības, īpaši mācību sasniegumu analīzes un mācību materiālu prezentēšanas jomā (*Jones & Sclater*, 2010; *Begum et al.*, 2013).

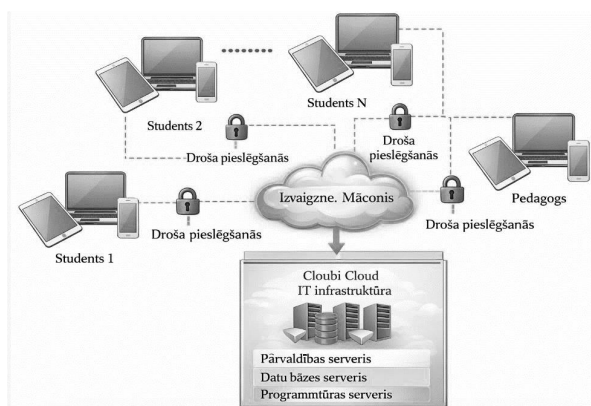
Šajā pētījumā mākoņdatošanas tehnoloģiju praktiska izmantošana tiek analizēta, izmantojot izdevniecības Zvaigzne ABC digitālo platformu Māconis un *Cloubi Cloud* pakalpojumus (23. un 24. attēls). Šajās platformās tika izstrādāti un aprobēti tiešsaistes diagnostiskie testi un interaktīvie uzdevumi fizikā, kas paredzēti vidusskolēniem un augstskolu reflektantiem. Kopumā izstrādāti vairāk nekā 2000 standartizētu testu un uzdevumu, kas aptver galvenās fizikas tēmas un var tikt izmantoti gan individuālajā mācību procesā, gan klasē. Platformas nodrošina arī mācību analītikas rīkus, kas ļauj analizēt izglītojamo progresu un pielāgot mācību saturu individuālajām vajadzībām. Kā komerciāls izglītības pakalpojums tas ir pieejams visiem gan individuālai lietošanai bez mācību analītikas rīkiem, gan skolām ar mācību analītikas rīkiem un klases (kursa) pārvaldības sistēmu, un tajā iekļautiem mācību analītikas rīkiem.

Cloubi Cloud risinājums nodrošina digitālā mācību satura veidošanas rīkus, kas ļauj izstrādāt e-grāmatas, testus, interaktīvus uzdevumus un tiešsaistes kursus.



23. att. iZvaigznes (māconis). Fizikas interaktīvo uzdevumu sākumlapa.

Šāda pieeja veicina personalizētu mācīšanos un ļauj izglītojamiem izvēlēties sev piemērotu mācību tempu. Turklāt mākoņdatošanas risinājumi nodrošina augstu pakalpojumu pieejamību un tehnisko atbalstu, kas ir būtiski efektīvai e-studiju organizēšanai.



24. att. Mākoņdatošanas platformas “Māconis” darbības shēma ar Cloubi Cloud infrastruktūru.

Avots - autores veidots, atbilstoši Cloubi platformas dokumentācijai un mākoņdatošanas infrastruktūras aprakstiem Cloubi, 2020; Papadakis et al., 2023.

Kopumā mākoņdatošanas tehnoloģijas piedāvā būtiskas priekšrocības izglītības procesā, jo tās nodrošina elastīgu infrastruktūru, samazina tehnoloģiskās izmaksas un veicina digitālo mācību materiālu pieejamību. Šīs tehnoloģijas var būt nozīmīgs instruments e-studiju attīstībā, īpaši intensīvu izlīdzinošo mācību kontekstā, kur nepieciešama elastīga un personalizēta mācību vide. Literatūras analīze parāda, ka digitālo tehnoloģiju izmantošana mācību procesā balstās vairākās mūsdienu pedagoģiskajās pieejās. Galvenās teorētisko pieeju, tehnoloģisko risinājumu un IIM modeļa pedagoģisko efektu savstarpējās saistības apkopotas 10. tabulā. Literatūras analīze liecina, ka konstruktīvisma, pētnieciskās mācīšanās un pašregulētas mācīšanās teorijas kopā ar

digitālo tehnoloģiju iespējām ļauj veidot interaktīvu un tehnoloģiski bagātinātu mācību vidi, kas veicina dziļāku konceptuālo izpratni un aktīvu izglītojamo iesaisti mācību procesā (Jonassen, 1999; Pedaste et al., 2015; Zimmerman, 2002; Laurillard, 2012; Redecker, 2017; Papadakis et al., 2023)''.

Kā redzams 10. tabulā, dažādas pedagoģiskās pieejas un digitālie tehnoloģiskie risinājumi savstarpēji papildina viens otru un veido teorētisko pamatu promocijas darbā izstrādātajam IIM modelim. Šo pieeju integrācija digitāli bagātinātā mācību vidē veicina aktīvu izglītojamo iesaisti, pētniecisko darbību un dziļāku konceptuālo izpratni fizikas apguvē.

10. tabula

Teorētisko pieeju, digitālo tehnoloģiju un IIM modeļa pedagoģisko efektu savstarpējā saistība

Teorētiskā pieeja	Tehnoloģiskais risinājums	Loma IIM modelī	Sagaidāmais pedagoģiskais efekts	Atsauces
Konstruktīvisma mācīšanās teorija	Interaktīvās mācību vides, e-studiju platformas	Veicina aktīvu izglītojamo iesaisti mācību procesā un zināšanu konstruēšanu	Padziļināta konceptuālā izpratne un aktīva mācīšanās	<i>Jonassen, 1999; Laurillard, 2012</i>
Pētnieciskā mācīšanās (Inquiry-based learning)	Virtuālās un attālinātās laboratorijas, simulācijas	Atbalsta eksperimentēšanu, hipotēžu pārbaudi un datu analīzi	Attīstās pētnieciskās prasmes un zinātniskā domāšana	<i>Pedaste et al., 2015; Potkonjak et al., 2016</i>
Multimodālās reprezentācijas teorija	Papildinātā realitāte, interaktīvās vizualizācijas	Nodrošina sarežģītu fizikālo procesu vizualizāciju	Uzlabota abstraktu jēdzienu izpratne	<i>Ainsworth, 2006; Chen et al., 2016</i>
Pašregulētā mācīšanās teorija	E-studiju platformas, mācību analītika	Veicina izglītojamo autonomiju un refleksiju	Attīstās pašvadītas mācīšanās prasmes	<i>Zimmerman, 2002; Redecker, 2017</i>
Digitālās pedagoģijas pieeja	Mākoņdatošana, mobilās tehnoloģijas	Nodrošina elastīgu piekļuvi mācību resursiem un sadarbību	Personalizēta un elastīga mācīšanās	<i>Bates, 2015; Daniela, 2020</i>

Promocijas darba ietvaros izstrādāts konceptuāls IIM modelis, kurā vienotā pedagoģiskā struktūrā integrēti digitālās transformācijas principi, personalizētas mācīšanās pieejas, multimodālās reprezentācijas izmantošana un pašregulētas mācīšanās mehānismi, lai pedagoģiski pamatotu un atbalstītu izglītojamo fizikas izziņas un konceptuālās izpratnes attīstību digitāli bagātinātā mācību vidē (*Ainsworth, 2006; Laurillard, 2012; Zimmerman, 2002; Papadakis et al., 2023*).

1.6. Secinājumi par 1. nodaļu

1. Zinātniskās literatūras analīze parāda, ka mūsdienu mācīšanās teorijas – konstruktīvisms un konnektīvisms – akcentē izglītojamo aktīvu iesaisti mācību procesā, balstoties uz iepriekšējām zināšanām un pieredzi, kā arī digitālo tehnoloģiju un

informācijas tīklu nozīmi mācīšanās procesā (*Anderson, 2008; Kop & Hill, 2008; Siemens, 2005*). Šīs teorētiskās atziņas veido pamatu elastīgai, personalizētai un datu analītikā balstītai mācību procesa organizācijai.

2. Literatūrā uzsvērts, ka digitālās tehnoloģijas un e-studiju vide spēj būtiski paplašināt mācību procesa iespējas, nodrošinot individualizētu mācīšanos, sadarbību, piekļuvi mācību resursiem un nepārtrauktu atgriezenisko saiti. Vienlaikus tehnoloģiju izmantošanas efektivitāte ir atkarīga no to pedagoģiski pamatotas integrācijas mācību procesā.

3. Pētījumi fizikā apliecina, ka interaktīvās simulācijas, virtuālās laboratorijas un citi digitālie rīki sekmē dziļāku fizikālo procesu izpratni, attīsta eksperimentālās prasmes un pozitīvi ietekmē izglītojamo kognitīvos mācību sasniegumus (*De Jong et al., 2013; Wieman et al., 2008; Zacharia & Olympiou, 2011; Rosli & Ishak, 2024*).

4. Jaunākie pētījumi norāda, ka tehnoloģiju izmantošana pati par sevi negarantē mācību sasniegumu uzlabošanos. Izšķiroša nozīme ir tehnoloģiju sasaistīšanai ar mācīšanās scenārijiem, izziņas aktivitātēm un pedagoģiskajiem mērķiem (*Bond et al., 2020; Radianti et al., 2020; Papalazarou, 2024*).

5. Literatūras analīze liecina, ka e-studiju tehnoloģiju attīstība pakāpeniski virzās no tehnoloģiju izmantošanas kā papildinoša mācību līdzekļa uz to izmantošanu kā integrētu mācību vides komponenti, kas nodrošina personalizētu, adaptīvu un datu balstītu mācību procesu (*Bond et al., 2020*).

6. Vienlaikus zinātniskajā literatūrā joprojām trūkst sistemātisku un ilgtermiņa pētījumu par e-studiju tehnoloģiju didaktisko izmantošanu fizikas mācību procesā, kā arī vienota metodiskā ietvara to efektīvai integrācijai intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā (*Bond et al., 2020*).

7. Neskatoties uz plašo pētījumu klāstu par digitālo tehnoloģiju izmantošanu *STEM* izglītībā, literatūrā nav identificēts integrēts un empīriski pamatots modelis, kas vienotā sistēmā apvienotu pedagoģiskos scenārijus, digitālās tehnoloģijas, mācību analītiku un izglītojamo kognitīvo sasniegumu novērtēšanu intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā.

8. Identificētā teorētiskā un metodoloģiskā plaisa pamato nepieciešamību izstrādāt un empīriski pārbaudīt IIM pedagogiskā procesa e-ekosistēmas modeli, kas nodrošina pedagogisko, tehnoloģisko un analītisko komponentu integrāciju pārejas posmā no vidējās uz augstāko izglītību.

2. E-EKOSISTĒMAS PIEEJA – EFEKTĪVA PEDAGOĢISKĀ PROCESA ATBALSTAM UN PILNVEIDOŠANAI INTENSĪVĀM IZLĪDZINOŠĀM MĀCĪBĀM FIZIKĀ

Otrajā nodaļā, balstoties uz teorētiskajā analīzē identificētajiem izaicinājumiem un nepilnībām, tiek izstrādāts pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis intensīvajām izlīdzinošajām mācībām fizikā. Modelis veidots kā integrēts konceptuāls ietvars, kas apvieno mācīšanās teorijas, digitālo tehnoloģiju iespējas un pedagoģiskā procesa organizācijas principus, nodrošinot metodiski pamatotu tehnoloģiju integrāciju mācību procesā (*Siemens, 2005; Anderson, 2012; Bond et al., 2020*).

Nodaļā tiek detalizēti raksturota modeļa struktūra, tā komponentes un savstarpējās mijasakarības, īpašu uzmanību pievēršot pedagoģiskajai mijiedarbībai starp izglītojamo, pedagogu, mācību saturu un digitālajām tehnoloģijām. Tāpat tiek pamatota modeļa izmantošana intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā, ņemot vērā jaunākos pētījumus par digitālo tehnoloģiju efektivitāti *STEM* izglītībā (*De Jong et al., 2013; Radianti et al., 2020*).

Šī pētījuma otro nodaļu veido savstarpēji saistītas apakšnodaļas un secinājumi. Nodaļas mērķis ir analizēt un konceptuāli pamatot intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) e-ekosistēmas elementus, kas nodrošina efektīva pedagoģiskā procesa īstenošanu.

Mācību satura apguve un meta-kompetenču attīstība ir būtiska ne tikai intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā, bet arī indivīda vispārējai personības attīstībai un spēju adaptēties mainīgā vidē (*Fadel, Bialik, & Trilling, 2015; Kapenieks & Daugule, 2019; Loonam et al., 2018; Schoemaker, Heaton, & Teece, 2018*).

Izstrādātā IIM e-ekosistēmas modeļa mērķis ir nodrošināt pedagoģiskā procesa efektīvu organizāciju, kas ietver:

- e-studiju tehnoloģiju integrētu izmantošanu fizikas satura apgūvē, nodrošinot interaktīvu mācību procesu un meta-kompetenču attīstību;
- daudzveidīgu mācību metožu pielietojumu atbilstoši izglītojamā individuālajām mācīšanās vajadzībām;
- elastīgu mācību organizāciju laikā un telpā (pieejamība neatkarīgi no vietas un laika);
- mācīšanās iespējas gan formālajā, gan neformālajā izglītības vidē.

Modeļa pamatzdevums ir nodrošināt izglītojamam efektīvāko mācīšanās ceļu fizikas satura apguvē vispārējās vidējās izglītības līmenī, kas kalpo par pamatu turpmākajām studijām tehniskā augstskolā.

E-ekosistēmas modeļa izstrāde balstīta uz autores pētījumu rezultātiem, zinātniskās literatūras analīzi un praktisko pieredzi starptautiskos pētniecības un inovāciju projektos, tostarp:

Next-Lab (*Horizon 2020*, Grant No. 731685), kas attīstīja uz izziņu balstītu mācīšanos (IBSE), tiešsaistes laboratorijas un pedagogu sadarbības tīklus Eiropas mērogā (2017–2019) (5. pielikums);

SlideWiki (*Horizon 2020*, Grant No. 688095), kura ietvaros tika izstrādāti un izvērtēti digitālie mācību materiāli un platformas lietojamība (2017–2018) (8. pielikums);

ARTSS projekts (“Perspektīvās tehnoloģijas noturīgiem un drošiem servisiem”), kurā veikts pētījums par e-studiju tehnoloģiju transformāciju digitālajā mācību ekosistēmā (Grabis et al., 2022; Kapenieks et al., 2021) (4. pielikums).

Projektu ietvaros izstrādātie risinājumi, autores ieguldījums un to pielietojums analizēti šīs nodaļas trešajā apakšnodaļā.

Modeļa izstrādes procesā tika organizētas ekspertu darba grupas un starptautiskas darbnīcas, kurās apkopoti viedokļi par e-ekosistēmas komponentēm un to mijasakarībām. Autore prezentēja izstrādes un vadīja aktivitātes starptautiskos *STEM* pedagogu pasākumos (*ORT Hatter seminar*, *Next-Lab TTI*, *Go-Lab Winter School*, *European Schoolnet* u. c.), un iegūtie rezultāti integrēti izstrādātajā modelī.

Pirmajā apakšnodaļā “E-ekosistēmas un modeļa jēdziens izglītības kontekstā” tiek definēts e-ekosistēmas jēdziens izglītībā un pētījuma kontekstā, analizētas komponentes un to mijasakarības. Aplūkoti modulāras mācīšanās principi un metodoloģiskie risinājumi, kas nodrošina elastīgu pedagoģisko procesu.

Otrajā apakšnodaļā – “E-ekosistēma efektīvā pedagoģiskā procesa nodrošināšanai IIM fizikā” tiek analizēti e-ekosistēmas elementi un to savstarpējā mijiedarbība pedagoģiskajā un tehnoloģiskajā aspektā. Modelis aplūko mācību procesu kā vienotu sistēmu, kurā integrējas izglītojamais, pedagogs, mācību saturs, vērtēšana un digitālās tehnoloģijas. Definēti modeļa efektivitātes novērtēšanas kritēriji.

Trešajā apakšnodaļā – “E-ekosistēmas pielietošanas algoritmi un to mijsakarības” aplūkoti autores izstrādātie mācību scenāriji un algoritmi, kas balstīti uz interaktīvām metodēm (programmētā mācīšanās, modelēšana, eksperimentēšana, izziņas darbība), kā arī izglītojamo mācību sasniegumu kontroles un paškontroles mehānismi. Sniegti praktiski piemēri.

Nodaļas noslēgumā definēti izstrādātā modeļa efektivitātes kritēriji un apkopoti secinājumi.

2.1. E-ekosistēmas un modeļa jēdziens izglītības kontekstā

“Lai konceptuāli pamatotu e-ekosistēmas modeļa izmantojumu izglītībā un intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā, vispirms nepieciešams precizēt e-ekosistēmas un modeļa jēdzienu vispārzinātnisko izpratni un to interpretāciju mūsdienu izglītības teorijā. Galvenā e-ekosistēmas modeļa iezīme ir sistēmas elementu (komponentu) un procesu loģiskās struktūras un to norises secības un mijsakarību atspoguļošana ar mērķi nodrošināt sistēmas darbības ilgtspēju, izmantojot digitālos rīkus un risinājumu kombinācijas.

Sistēmu teorijā tiek uzsvērts, ka dažādu veidu un mēroga sistēmām piemīt kopīgi strukturāli un funkcionāli principi, kas nodrošina vienotas jēdzienu sistēmas veidošanu un veicina starpdisciplināru pieeju problēmu analīzē, risināšanā un prognozēšanā (*Skyttner*, 2005; *von Bertalanffy*, 1968; *Zhou et al.*, 2023). Nosauktie kritēriji ir būtiski, veidojot e-ekosistēmas modeli intensīvo izlīdzinošo mācību atbalstam, jo ietver pārskatu par sistēmas elementiem, to darbību un mijsakarību.

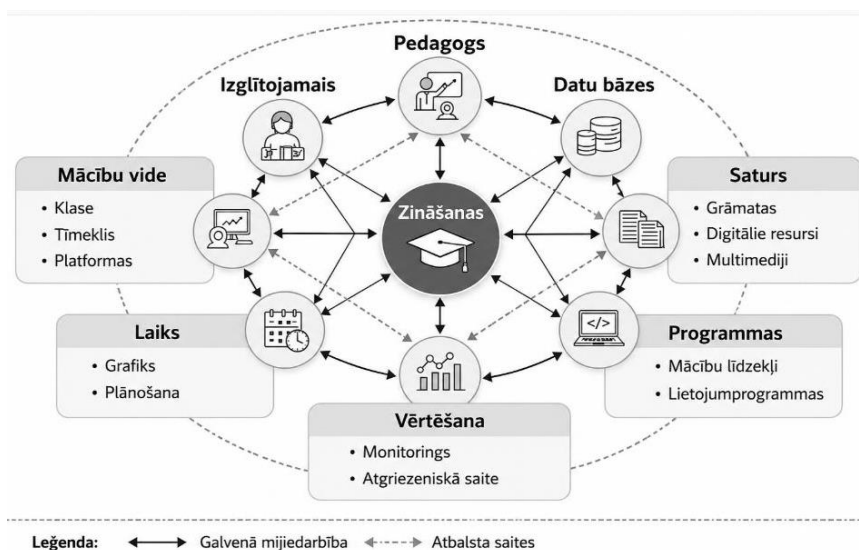
Mūsdienu izglītības transformācijas kontekstā e-ekosistēmas pieeja iezīmē paradigmas maiņu – no fragmentēta mācību procesa uz integrētu, adaptīvu un datus balstītu pedagoģisko sistēmu.

Digitālās jeb e-ekosistēmas (*digital ecosystem*) jēdziens 21. gadsimta sākumā tika attīstīts kā vispārīga pieeja informācijas un komunikācijas tehnoloģiju (IKT) balstītu sistēmu darbības un attīstības skaidrošanai konkurences un augstas kompleksitātes apstākļos (*Briscoe et al.*, 2011; *Considine et al.*, 2009; *Pardo-Baldoví et al.*, 2023). Zinātniskajā literatūrā digitālā ekosistēma tiek raksturota kā dinamiski organizēta, atvērta un pašattīstoša vide, kurā digitālie risinājumi un sociālie dalībnieki funkcionē savstarpējā mijiedarbībā, nodrošinot resursu, informācijas un zināšanu cirkulāciju (*Briscoe et al.*, 2011). Attīstoties digitālajai sabiedrībai, šī pieeja ir pārnesta arī uz izglītības jomu, kur e-ekosistēma tiek skaidrota kā savstarpēji koordinēta mācību procesa komponentu sistēma,

kas nodrošina mērķtiecīgu un strukturētu mācīšanās norisi (Chang, 2009; EC, 2020; Kapenieks, 2011; Kirikova *et al.*, 2014).

Digitālās transformācijas ietekmē izglītības sistēmas arvien vairāk attālinās no centralizēti kontrolētiem modeļiem un virzās uz sadarbībā, tīklojumā un kopradē balstītām struktūrām, kur būtiska nozīme ir dalībnieku savstarpējai atkarībai un kopīgai atbildībai (Jamaludin *et al.*, 2020; Nielsen, 2000; Pardo-Baldoví *et al.*, 2023). Šāda attīstības trajektorija veicina izglītības ekosistēmu veidošanos, kurās izglītības iestādes, tehnoloģiju izstrādātāji, pētniecības organizācijas un politikas veidotāji darbojas vienotā telpā, radot priekšnoteikumus ilgtspējīgai izglītības attīstībai (World Economic Forum, 2019, 2023).

Izglītības ekosistēmas darbība balstās uz komponentu savstarpēju saskaņotību, kur mācību procesa kvalitāti nosaka nevis atsevišķu elementu funkcijas, bet gan to koordinēta mijiedarbība. Šajā kontekstā izglītības ekosistēma interpretējama kā daudzdimensionāla struktūra, kurā cilvēkresursi, digitālie rīki, mācību saturs un sociālā vide tiek integrēti vienotā funkcionālā sistēmā, nodrošinot kompetenču attīstību un mācību rezultātu sasniegšanu (Barron & Bell, 2015; ISTE, 2016; Jamaludin *et al.*, 2020). Šādas pieejas praktisku īstenojumu demonstrē Eiropas iniciatīvas, piemēram, *Go-Lab* (de Jong, Sotiriou, Gillet, 2014) un *European Schoolnet*, kas nodrošina digitālo laboratoriju, pedagogu sadarbības un mācību inovāciju integrāciju vienotā izglītības telpā. Mācību vide mūsdienās tiek skatīta kā integrēta sistēma, kas aptver gan formālo, gan neformālo mācīšanos, vienlaikus uzsverot digitālo kompetenču attīstību un tehnoloģiju efektīvu izmantošanu (Barron & Bell, 2015; ISTE, 2016; Jamaludin *et al.*, 2020). Autores profesionālā iesaiste šajos projektos ir nodrošinājusi būtisku empīrisko pamatu intensīvo izlīdzinošo mācību e-ekosistēmas modeļa izstrādei un validācijai.



25. att. Izglītības ekosistēmas komponentu mijiedarbības modelis. Avots - autores veidots, balstoties ekosistēmas pieejā izglītībā (Jamaludin et al., 2020; World Economic Forum, 2019, 2023; Briscoe et al., 2011).

Šī pētījuma ietvaros e-ekosistēma tiek skatīta kā strukturēta un mērķorientēta sistēma, kuras elementi funkcionē savstarpējā mijiedarbībā, lai nodrošinātu efektīvu pedagoģisko procesu. Sistēma vispārzinātniskā izpratnē tiek definēta kā savstarpēji saistītu komponentu organizēta kopība, kas darbojas vienotā veselumā un mijiedarbojas ar ārējo vidi, tiecoties uz noteiktu rezultātu (von Bertalanffy, 1968; Naeem et al., 2023; Zhou et al., 2023). Šādai sistēmai raksturīga strukturēta uzbūve, dinamiska attīstība un orientācija uz mērķa sasniegšanu. Kompleksu sistēmu analīzē būtiska nozīme ir modelēšanai, kas ļauj abstrahēt realitāti, identificēt būtiskos elementus un analizēt to savstarpējo ietekmi (Jing et al., 2023; Zhou et al., 2023). Mācību process tiek skatīts kā kompleksa sistēma, kuras teorētiskais pamats balstās vispārējā sistēmu teorijā (von Bertalanffy, 1968), savukārt mūsdienu digitālā transformācija un viedās mācību vides paplašina šo pieeju, integrējot tehnoloģijas un pedagoģiskos risinājumus vienotā e-ekosistēmā (Naeem et al., 2023; Zhou et al., 2023).

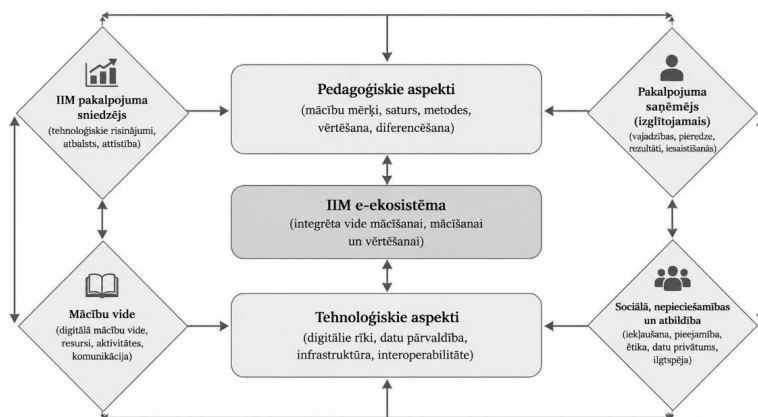
Modelis šajā kontekstā tiek interpretēts kā konceptuāls instruments, kas reprezentē reālās sistēmas būtiskās īpašības un ļauj strukturēt, analizēt un prognozēt tās darbību (Adomavicius et al., 2008; Frigg & Hartmann, 2018; Zhou et al., 2023). Pedagoģiskajā zinātnē modelis kalpo kā teorētisks un praktisks ietvars, kas ļauj organizēt mācību procesu, definēt tā komponentes un prognozēt mācību rezultātus (Meyer, 1987; Žogla, 2001). Personalizētās mācīšanās pieejas balstās uz datu analīzi un kontekstuālu rekomendāciju

sistēmām (Adomavicius *et al.*, 2008), savukārt mācību modeļu izstrāde tiek balstīta zinātnisko modeļu teorijā (Frigg & Hartmann, 2018). Tajā pašā laikā modelis funkcionē kā organizatoriskās struktūras instruments, kas nodrošina uzdevumu sadali, procesu koordināciju un darbību formalizāciju, kas ir priekšnoteikums efektīvai pedagoģiskā procesa īstenošanai (Naeem, Ozuem, Howell, 2023).

Izstrādātais intensīvo izlīdzinošo mācību e-ekosistēmas modelis šajā pētījumā tiek konceptualizēts kā integrēta un adaptīva sistēma, kurā vienotā struktūrā savienoti izglītojamais, pedagogs, mācību saturs, digitālās tehnoloģijas un mācību sasniegumu vērtēšanas mehānismi, tādējādi nodrošinot pedagoģiskā procesa elastību, mērķtiecīgumu un efektivitāti. Tieši šī teorētiski integrētā un empīriski validētā pieeja ļauj formulēt IIM modeli kā promocijas darba centrālo zinātnisko rezultātu, kas nodrošina sistemātisku, adaptīvu un uz pierādījumiem balstītu pedagoģiskā procesa organizāciju intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā. Pētījuma rezultātā izstrādāts IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis, kurā apvienoti e-ekosistēmas, sistēmu teorijas, personalizētas mācīšanās un datus balstītas pedagoģijas principi intensīvo izlīdzinošo mācību organizēšanai fizikā. Modeļa efektivitāte izvērtēta, izmantojot empīriskā pētījuma rezultātus.

Zinātniskajā literatūrā norādīts, ka modeļa jēdziens dažādu organizāciju – gan biznesa, gan izglītības – kontekstā tiek interpretēts trīs savstarpēji saistītos aspektos: stratēģiskajā, operatīvajā un loģiskajā (Morris *et al.*, 2005; Osterwalder *et al.*, 2005). Šāda daudzdimensionāla pieeja ļauj analizēt sistēmas darbību gan no vadības, gan no funkcionālās un konceptuālās perspektīvas.

Šī pētījuma kontekstā e-ekosistēmas modeļa pieeja ir izvēlēta kā metodoloģisks instruments, kas ļauj pārvarēt pedagoģiskā procesa sadrumstalotību un nodrošināt kompleksu problēmu risinājumu intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) vidē. Tā nodrošina vienotā sistēmā integrētu skatījumu uz visām būtiskajām komponentēm – izglītojamo un pedagoģu, mācību vidi, mācību satura organizāciju, pedagoģiskā procesa norisi un vadību, vērtēšanas mehānismiem, komunikāciju un sociālajām vajadzībām –, kā arī uz to funkcijām un savstarpējām mīksakarībām. Šāda pieeja atbilst digitālo ekosistēmu teorētiskajam ietvaram, kur sistēma tiek interpretēta kā savstarpēji saistītu elementu kopums, kas funkcionē kopīga mērķa sasniegšanai (Briscoe *et al.*, 2011).



26. att. Principiālais IIM e-ekosistēmas modelis. Avots - autore izstrāde, izmantojot konceptuālās atziņas, ko pauduši *Briscoe et al.*, 2011; *Jamaludin et al.*, 2020; *World Economic Forum*, 2019, 2023.

26. attēlā atspoguļots principiālais IIM e-ekosistēmas modelis, kas autore adaptēts, balstoties uz digitālo ekosistēmu un konkurētspējas sistēmu pieeju (*Briscoe et al.*, 2011). Modelis konceptualizē pedagoģisko procesu kā dinamisku un savstarpēji saistītu elementu sistēmu, kuras centrā ir aktīvs, individualizēts mācīšanās process. Tajā uzsvērta izglītojamo kompetenču, tostarp meta-kompetenču, attīstība, izmantojot elastīgas mācīšanās iespējas attiecībā uz laiku, saturu, metodēm un tehnoloģijām, kas ir būtiski mūsdienu digitālās transformācijas kontekstā (*Jamaludin et al.*, 2020; *World Economic Forum*, 2019, 2023). 26. attēlā attēlots promocijas darba ietvaros izstrādātais intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) e-ekosistēmas modelis, kas konceptualizē pedagoģisko procesu kā integrētu un savstarpēji saistītu sistēmu. Modelis balstās uz sistēmu teorijas un digitālo ekosistēmu pieejām, kur mācību procesa efektivitāti nosaka komponentu – pakalpojuma sniedzēja, izglītojamā, mācību vides, pedagoģisko un tehnoloģisko aspektu, kā arī sociālās nepieciešamības – mērķtiecīga mijiedarbība (*Briscoe et al.*, 2011; *Jamaludin et al.*, 2020; *World Economic Forum*, 2019, 2023). Atšķirībā no fragmentārām pieejām, modelis strukturē šīs komponentes vienotā sistēmā, uzsverot pedagoģisko un tehnoloģisko aspektu savstarpējo integrāciju kā priekšnoteikumu personalizētam, adaptīvam un uz datiem balstītam mācību procesam. Tādējādi attēlā vizualizētā struktūra ne tikai atspoguļo teorētiskās atziņas, kas analizētas 1. nodaļā, bet arī kalpo par pamatu turpmākajā nodaļā detalizēti aplūkotajiem e-ekosistēmas elementiem, to funkcijām un pielietojanas scenārijiem intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā.

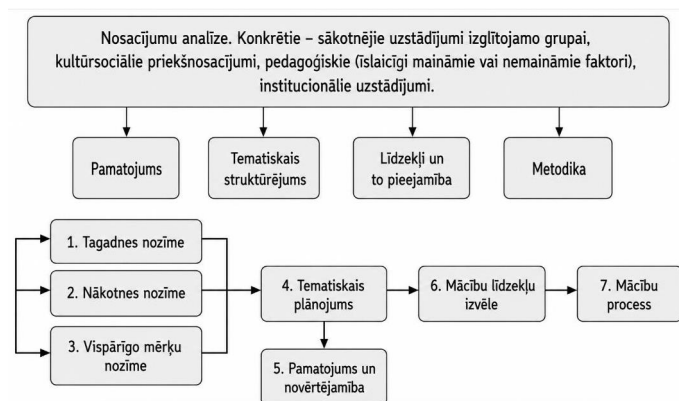
Modeļa izstrāde balstīta autores iepriekšējos pētījumos un zinātniskajās publikācijās, kā arī empīriskajos datos, kas iegūti RTU sagatavošanasursos un vispārējās vidējās izglītības iestādēs. Tas ļauj analizēt pedagoģisko procesu gan no organizatorisko funkciju, gan no priekšmeta didaktikas perspektīvas (Kattmann, 2004). Modeļa pilnveidei tika organizētas ekspertu darba grupas (zinātnieki, izglītības iestāžu vadītāji, pedagogi un satura izstrādātāji), kuru diskusiju rezultāti integrēti izstrādātajā e-ekosistēmas modelī, tādējādi nodrošinot tā teorētisko pamatotību un praktisko validāciju. Autores skatījumā šī integrētā pieeja nodrošina konceptuālu pamatu IIM modeļa izstrādei kā vienotai, adaptīvai un empīriski pamatotai sistēmai efektīva pedagoģiskā procesa īstenošanai intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā”.

2.1.1. Metodoloģijas izvēle e-ekosistēmas modeļa izstrādei intensīvām izlīdzinošām mācībām fizikā

“Izstrādājot IIM e-ekosistēmas modeli pedagoģiskā procesa atbalstam, ir būtiski izvēlēties atbilstošu metodoloģiju, kas nodrošinātu modeļa izstrādes procesu, kā arī tā galvenā mērķa sasniegšanu (Adomavicius *et al.*, 2008). Pedagoģijā ir populāri integrējošie didaktiskie modeļi (Žogla, 2001). Pētījuma kontekstā IIM e-ekosistēmas modeļa konceptuālajai izstrādei autore izmanto perspektīvās plānošanas Klafki modeli (*Klafki's Model*), savukārt modeļa izstrādes un pilnveides procesa strukturēšanai izmantotas atsevišķas dizaina zinātnes pētniecības (*Design Science Research, DSR*) atziņas (Vaishnavi & Kuechler, 2015). Promocijas darba kopējais pētniecības process īstenots dizainā balstītas pētniecības (*Design-Based Research, DBR*) ietvarā. Klafki modelī dominē pakāpeniskā pieeja procesiem. Pēc V. Klafki modeļa augšdaļā tiek atspoguļoti mācību procesa nosacījumi:

- konkrētie sākotnējie izglītojamo grupas kultūrsociālie nosacījumi;
- pedagoģiskie un institucionālie nosacījumi (īslaicīgie maināmie un nemaināmie);
- iespējamie traucējumi (Klafki, 1995; Klafki, 2006).

V. Klafki modelī atslēgas vārdi: izglītība; pašnoteikšanās spēja; līdznoteikšanās spēja; solidarizēšanās spēja (Klafki, 2006; Vaishnavi, Kuechler, 2015), kas atbilst pirmajā nodaļā definētai IIM koncepcijai. Modeļa galvenā ideja - patstāvīgā mācību procesa pamatā jābūt mācību vielas radošai, heuristiskai apguvei, kā arī praktiski orientētai un reāli noderīgai (Klafki, 1995). Modeļa īstenošanas didaktiskie soļi vizualizēti 27. attēlā (Zierer *et al.*, 2012).

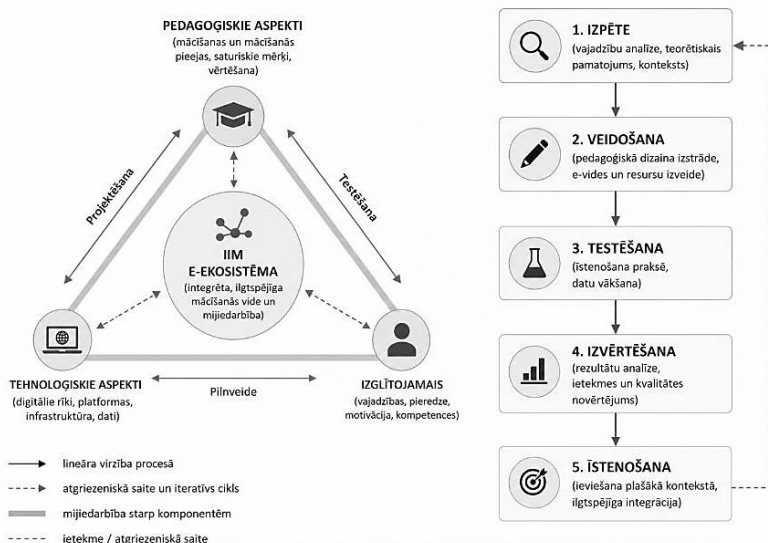


27. att. Klafki principiālais perspektīvās plānošanas modelis (*Klafki's Model*). Avots - adaptēts pēc Klafki, 2000; Zierer & Seel, 2012.

Dizaina domāšana ir metodoloģija un domāšanas veids jaunu, radošu alternatīvu ģenerēšanai (sk. 28. attēlu), pielietojot antropoloģijas paņēmienus, kas balstīti cilvēku uzvedībā (Vaishnavi, Kuechler, 2015). IIM kontekstā dizaina domāšanas metode ļauj aplūkot mācību procesu, kā uz organizatorisku procesu, lai radītu jaunas pieejas (scenārijus) pedagoģiskā procesa organizēšanai un pievienotās vērtības (izglītojamo mācību sasniegumi) radīšanai. Balstoties uz teorētiskām un empīriskām pētījumu metodēm, tiek atklāti pakalpojumu dizaina elementi, darbības principi un mījsakarības (Vaishnavi, Kuechler, 2015; Royalty, 2021). Pakalpojumu dizaina diskursā disciplīnas definīcija nav skaidri noteikta, un šī iemesla dēļ var apgalvot, ka tā ir dzīva un mainīga joma, kas koncentrējas uz pievienotās vērtības radīšanu. Dizaina domāšana ir elastīgs process, jo jebkurā brīdī pastāv iespēja atgriezties jebkurā no posmiem un veikt izmaiņas (Wrigley et al. 2018; Royalty, 2021). Metodes lietojums balstās uz eksperimentu, kā rezultātā ir iespēja ātri atklāt un novērst kļūdas (Royalty, 2021; Hess et al. 2016).

Vairāki autori (Vaishnavi, Kuechler, 2015; Royalty, 2021) apgalvo, ka tā ir starpdisciplināra prakse, kas apvieno dažādus dizaina, vadības, mārketinga un pētniecības aspektus (Wrigley et al. 2018). Starpdisciplinartāti nosaka komplekss metožu un principu pielietojums inovāciju ieviešanā organizatoriskos un citos modeļos (Royalty, 2021). Dizaina pētījumu metode tika izmantota kā viena no metodēm, lai strukturētu lietišķo pētījumu un virzītu pētījumu uz izvirzītā mērķa sasniegšanu – pētījuma problēmas risinājuma rašanu. Autore pētījuma ietvaros metode tiek izmantota e-ekosistēmas modeļa izstrādei IIM efektīvā pedagoģiskā procesa atbalstam. Modeļa izstrādei un novērtēšanai tika īstenoti vairāki soļi, kas atspoguļoti turpmākajās apakšnodaļās. Izvēloties piemērotāko

metodoloģiju IIM e-ekosistēmas modeļa izstrādei, autore balstījās uz vairāku autoru veiktiem pētījumu metodoloģiju salīdzinājumiem (Wrigley et al. 2018; Hess et al. 2016).



28. att. Dizaina domāšanas pamatprincipi. Avots - autores izstrāde IIM kontekstā, izmantojot konceptuālās atziņas, ko pauduši Petter, Vaishnavi, Hsieh, Shannon, 2005.

Metodoloģiski pētījums ir izstrādāts, pētot IIM fizikā pedagoģisko procesu no vairākām pozīcijām un to mijsakarbām. Metodoloģijas izvēles atbilstību e-ekosistēmas modeļa izstrādei IIM efektīvā pedagoģiskā procesa atbalstam apliecina modeļa efektivitātes novērtējums, elementu aprobācijas rezultāti, izglītojamo mācību sasniegumi un izglītojamo aptauju rezultāti, kas atspoguļoti promocijas darba trešajā nodaļā.

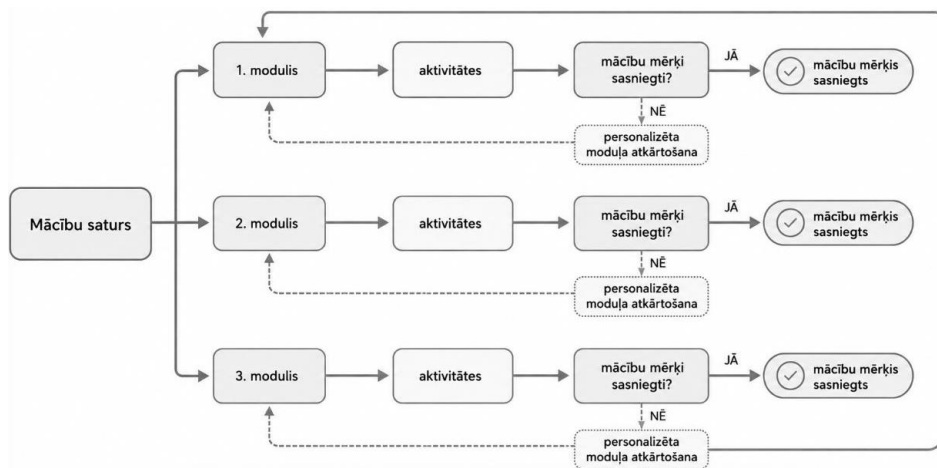
2.1.2. Modulārā jeb moduļu pieeja mācību procesa nodrošināšanai

Moduļu mācības ir mācību process, kas sastāv no savstarpēji saskaņotām mācību vienībām ar skaidri definētiem mērķiem, saturu, metodēm un vērtēšanu (Bridges, 2000; Brockmann et al., 2008; Mulder, 2020). Modulārā pieeja radās ASV 20. gadsimta 60. gados un vēlāk izplatījās Eiropā, kļūstot par nozīmīgu izglītības sistēmu attīstības elementu (Bridges, 2000; Brockmann et al., 2008). Šajā pētījumā tā aplūkota kā teorētisks pamats intensīvo izlīdzinošo mācību organizēšanai fizikā. IIM modelī moduļu pieeja tiek interpretēta kā strukturēts un adaptīvs mācību organizācijas princips, kas nodrošina personalizētu, elastīgu un datus balstītu mācību procesu, mazinot izglītojamo priekšzināšanu neviendabīgumu. Moduļiem raksturīgi skaidri definēti mērķi, strukturēts saturs, sistemātiska apguve un regulāra atgriezeniskā saite, kas veicina patstāvīgu

mācīšanos un mācību procesa efektivitāti (Gagné, 1977; Duffy & Cunningham, 2001; Brockmann et al., 2008; Hess et al., 2020).

Pedagoģijā modulis tiek uztverts kā elastīga, uz kompetencēm balstīta mācību vienība, kas ļauj pielāgot mācību procesu individuālajām vajadzībām (Duffy & Cunningham, 2001; Brockmann et al., 2008). Intensīvajās izlīdzinošajās mācībās fizikā modulārā pieeja palīdz strukturēt un diferencēt saturu atbilstoši izglītojamo sagatavotības līmenim, vienlaikus attīstot mācīšanās, pētnieciskās un eksperimentālās prasmes (Juškaite, 2018; Hess et al., 2020).

Moduļu pieeja balstās konstruktīvisma un sociālā konstruktīvisma teorijās, uzsverot aktīvu zināšanu konstruēšanu un sociālo mijiedarbību mācību procesā (Pollard, 2002; Brockmann et al., 2008; European Schoolnet, 2020). Digitālajā laikmetā tās nozīmi papildina konnektīvisma teorija, kas akcentē informācijas atlasīšanu, savienojumu veidošanu un mācīšanos zināšanu tīklos (Siemens, 2004, 2005; Kapenieks et al., 2012; Fadel, Bialik, & Trilling, 2015; Boekaerts, 1999; Berkman, 2016; Nurra & Oyserman, 2018; European Schoolnet, 2017).



29. att. Autores izstrādātā modulārās pieejas principiālā shēma IIM procesam.

Moduļu pieeja nodrošina elastīgu moduļu kombinēšanu atbilstoši mācību mērķiem un izglītojamo vajadzībām (Goldschmid & Goldschmid, 1973; Anant, 2019; Hess et al., 2020). Tās izmantošana veicina ne tikai fizikas jēdzienu apguvi, bet arī sistēmisko domāšanu, pētnieciskās prasmes un kompetenču attīstību (Kattmann et al., 1997; Hess et

al., 2020). Balstoties uz šīm atziņām, autore izstrādāja modulārās pieejas principiālo shēmu IIM procesam (29. attēls).

2.2. E-ekosistēma efektīvā pedagoģiskā procesa nodrošināšanai intensīvām izlīdzinošām mācībām fizikā

E-ekosistēmas elementi IIM pedagoģiskā procesa atbalstam jāuztver kā vienota sistēma, kurā tiek īstenotas izglītojamā, mācību vides, pedagoģisko un tehnoloģisko rīku un paņēmieni mijsakārības. Katrs modulis (29. attēls) ir vērsts uz fizikas satura konstrukciju, lai palīdzētu izglītojamajiem izprast būtiskākos jautājumus un nodrošinātu atgriezenisko saiti (*Hess et al.*, 2020). Mācību sasniegumi un studiju rezultāti raksturo izglītojamo iegūtās zināšanas, prasmes un attieksmes.

IIM modeli izdalīti trīs moduļi:

- vispārīgās zināšanas un prasmes,
- eksperimentālā un pētnieciskā darbība,
- informācijas pārveidošana starp dažādām reprezentācijām.

Moduļu saturs un īstenošanas principi aplūkoti nodaļas trešajā apakšnodaļā. To kopējais mērķis ir identificēt mijsakārības starp fizikas saturu un izglītojamo ikdienas pieredzi (*Goldschmid & Goldschmid*, 1973; *Zhou et al.*, 2023). Katrā modulī kā didaktiskais pamats izmantota satura elementalizācija un konceptualizācija, veidojot dinamisku didaktisko sistēmu (*Hess et al.*, 2020; *Zhou et al.*, 2023; *Kattmann et al.*, 1996).

Fizikas mācību saturs ir dinamisks un atkarīgs no tehnoloģiju un pedagoģijas attīstības. Tas strukturēts trijos blokos – vide, sabiedrība un tehnoloģijas, nodrošinot pēctecību un starppriekšmetu saikni (Cābelis, 2006). Fizikas standarts (MK noteikumi Nr. 416, 2019) uzsver pētniecisko un eksperimentālo prasmju attīstību: informācijas analīzi, prognozēšanu, eksperimentu plānošanu un rezultātu interpretāciju. Fizikas apguvē būtiska ir arī fizikas valodas lietošana un zinātniskās izziņas metodes – novērošana, eksperimentēšana, modelēšana un darbs ar informāciju (*Kattmann et al.*, 1996; Cābelis, 2006; Namsone, 2010). Mācību saturs tiek strukturēts, atbildot uz trim jautājumiem: ko, kā un kādēļ mācās (Cābelis, 2006).

E-ekosistēmas modelis izstrādāts, balstoties uz Eiropas Savienības projektu vadlīnijām par mācību satura struktūru, kur saturs organizēts atbilstoši pētnieka darbības virzieniem: kognitīvā darbība, eksperimentālās prasmes, darbs ar informāciju un sadarbība. Autores profesionālā pieredze, kas uzkrāta starptautiskajos projektos kopš 2005. gada, kā

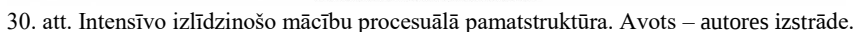
arī ilgstoša pedagoģiskā prakse RTU sagatavošanasursos, ļāva identificēt pētījuma problēmu un izstrādāt IIM pedagoģiskā procesa modeli. Modelis tika pilnveidots, izmantojot pedagoģiskos scenārijus un e-studiju tehnoloģijas, un kopš 2019. gada veiksmīgi tiek īstenots RTU intensīvajos fizikas sagatavošanasursos, kā arī skolās un papildnodarbībās

Promocijas darba zinātniskā novitāte izpaužas modulārās pieejas integrācijā vienotā IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmā, kur mācību saturs tiek strukturēts, balstoties uz satura elementalizāciju, konceptualizāciju un dinamiskām didaktiskajām mijsakarbībām, vienlaikus nodrošinot pāreju starp dažādiem kognitīvajiem līmeņiem atbilstoši *SOLO* taksonomijai un Bloom taksonomijas hierarhijai. Atšķirībā no tradicionālām pieejām, piedāvātais modelis sistemātiski sasaista fizikas satura konstrukciju (5. pielikums) ar izglītojamo individuālo pieredzi, pētniecisko darbību un datu balstītu atgriezenisko saiti, tādējādi veicinot pāreju no zemākiem izziņas līmeņiem (zināšanu reproducēšana) uz augstākiem (analīze, sintēze, konceptuāla izpratne) un nodrošinot efektīvu priekšzināšanu izlīdzināšanu heterogēnās grupās.

2.2.1. Intensīvo izlīdzinošo mācību procesa pamatstruktūra

Pētījumā analizēto intensīvo izlīdzinošo mācību fizikā mērķis ir atkārtot vispārējās vidējās izglītības fizikas kursu, sagatavot izglītojamās CE un studijām tehniskajās augstskolās. IIM pamatstruktūru veido trīs bloki: 1) ieejas dati, 2) pedagoģiskais process, 3) izejas dati (30. attēls).

Ieejas un izejas datu (izglītojamo rezultātu) salīdzinājums ir galvenais efektivitātes rādītājs, kas apliecina izvēlēto e-studiju tehnoloģiju un metožu atbilstību IIM mērķim (*Verhagen*, 2006; *Watters*, 2010; *Trinkūniene & Juškaite*, 2021). Pirms mācību uzsākšanas tiek veikta izglītojamo vajadzību izpēte (aptaujas) un ievaddiagnosticējošais darbs (IDD), kas ļauj pielāgot pedagoģisko procesu. Vajadzību un IDD rezultāti detalizēti aplūkoti trešajā nodaļā.



The diagram illustrates the process flow for the implementation of the IIM (Information Management) system. It is organized into three main vertical sections: **Inputs/Requirements** on the left, a central **Process Flow**, and **Management/Output** on the right.

Inputs/Requirements (Left):

- Izglītojamo (pakalpojuma sniedzēja) cerības un vajadzības** (Trainee (service provider) expectations and needs)
- Funkcionālās specifikācijas** (Functional specifications)
- Mācību procesa didaktiskie principi** (Didactic principles of the learning process)
- Tehniskās specifikācijas** (Technical specifications)
- Komunikācijas specifikācijas** (Communication specifications)
- Satura pasniegšanas specifikācijas** (Content delivery specifications)

Central Process Flow:

- Galīgo vajadzību identificēšana (Final needs identification)
- Izglītojamo vajadzību identificēšana (Trainee needs identification)
- IIM sistēmas apraksts (IIM system description)
- Funkcionālo parametru identificēšanas apraksts (Description of functional parameter identification)
- Nefunkcionālo parametru identificēšana un realizācija (Identification and realization of non-functional parameters)
- Mācību saturs (Training content)
- Infrastrukturās novērtēšanas specifikāciju apraksts (Description of infrastructure evaluation specifications)
- IIM sistēmas ieviešana (IIM system implementation)
- Testēšana (Testing)
- Satura pasniegšana (Content delivery)

Management/Output (Right - Pārvaldība / Management):

- Ārējie lietotāji (External users)
- Iekšējie lietotāji (Internal users)
- IIM satura veidotāji (IIM content creators)
- IIM satura rīku lietošanas atbalsts (IIM tool usage support)
- IIM satura lietošanas atbalsts (IIM content usage support)
- IIM satura piegāde (IIM content delivery)
- IIM satura patērētājs (IIM content consumer)

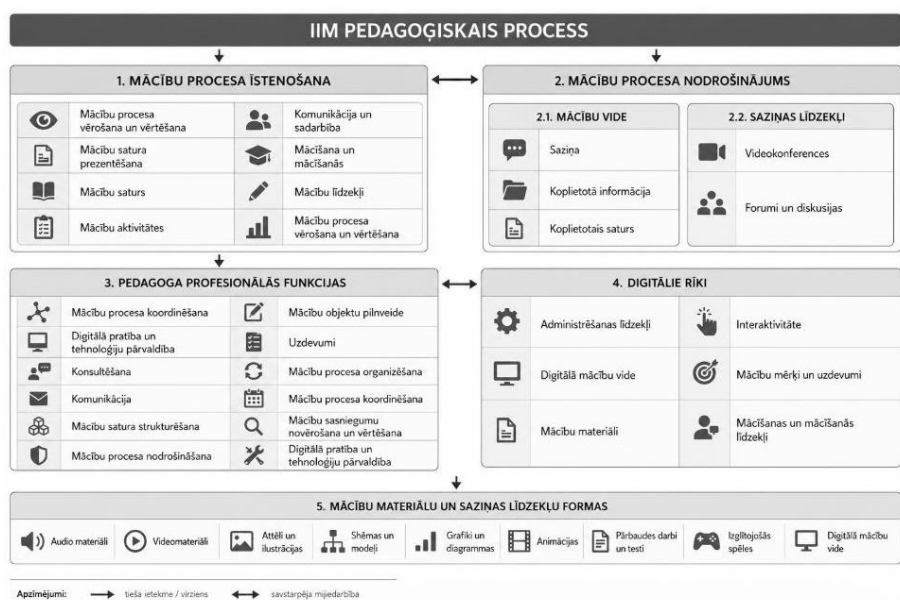
Final Outcome: IIM sistēmas novērtēšana (IIM system evaluation)

31. att. Novērtēšanas metodes pielietošana IIM sistēmas izstrādē. Avots – autores adaptēts un pielāgots IIM pakalpojumam no produktu konkurētspējas sistēmas *Briscoe et al.*, 2011.

Pēc mācību procesa tiek veikta atkārtota vajadzību izpēte un analizēti nobeiguma diagnosticējošā darba (NDD) rezultāti. Izglītojamo sasniegumu vērtēšanai tiek izmantota *SOLO* taksonomija, savukārt sasniedzamie rezultāti balstīti vispārējās vidējās izglītības standartā (MK noteikumi Nr. 416, 2019). Mērķa sasniegšanai izglītojamajiem jāapgūst gan fizikas saturs, gan pētnieciskās un eksperimentālās prasmes, izmantojot praktiskās

aktivitātes (virtuālās laboratorijas, mobilās lietotnes, interaktīvos uzdevumus). Pētījumā eksperimentālās darbības apguve tiek sasaistīta ar digitālajām prasmēm un e-studiju tehnoloģiju izmantošanu (MK noteikumi Nr. 416, 2019). Datu iegūšanai tiek izmantotas tehnoloģijas ar integrētiem mācību analītikas rīkiem. Ja nepieciešams, procesā tiek ieviesti papildu risinājumi, saglabājot modeļa strukturālo nemainību (skat. 32. attēlu).

IIM modelis integrē saturu, pedagoģisko procesu, tehnoloģiskos risinājumus un rezultātus vienotā struktūrā, kuras centrālais princips ir mācīšanās darot. Fizikas apguve intensīvajās izlīdzinošajās mācībās balstās uz pedagoga, izglītojamā un mācību resursu mijiedarbību, veicinot pētniecisko darbību un izziņas aktivitāti (Giancoli, 2009). Būtiska nozīme ir arī efektīvai e-studiju tehnoloģiju izmantošanai un to funkciju definēšanai pedagoģiskajā procesā (Juškaite, 2018a).

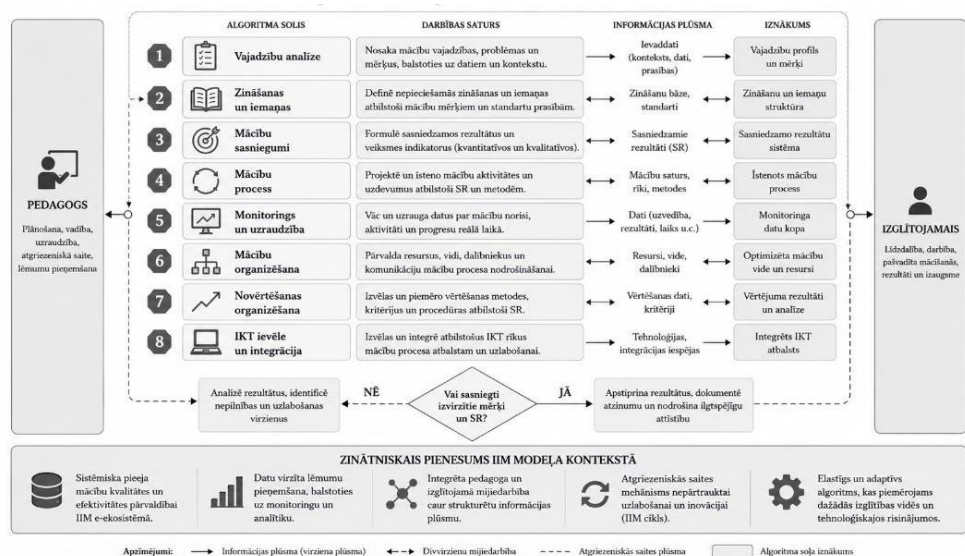


32. att. IIM pedagoģiskā procesa modelis. Avots – autores izstrāde, Juškaite, 2018a.

IIM modeļa izstrādē nozīmīga vieta ir daudzdimensionālai vērtēšanai. Papildus mācību sasniegumu izvērtēšanai (Hess *et al.*, 2020) tiek analizēti arī mācīšanas un mācīšanās organizācijas veidi, vērtēšanas stratēģijas, e-studiju tehnoloģiju izvēle un izglītojamo vajadzības (skat. 33. att.).

Vērtēšanas procesā iesaistīti gan pedagogi, gan izglītojamie (Broks *et al.*, 1998; Wagino *et al.*, 2024). Pedagoģis vērtē izglītojamo sasniegumus, savukārt izglītojamie –

savas zināšanas, mācību organizāciju un pedagoga darbību. Abi dalībnieki kopīgi izvērtē mācību metodes, vērtēšanas stratēģijas un e-tehnoloģiju efektivitāti mācību procesā.



Vērtēšanas procesā iegūtā informācija kalpo par pamatu datos balstītu lēmumu pieņemšanai un pedagoģiskā procesa pilnveidei, nodrošinot mācību procesa atbilstību izglītojamo vajadzībām un izvirzītajiem mācību mērķiem.

2.2.2. Izglītojamo vajadzību apzināšana, sasniegumu vērtēšana un IIM procesa principiālais modelis

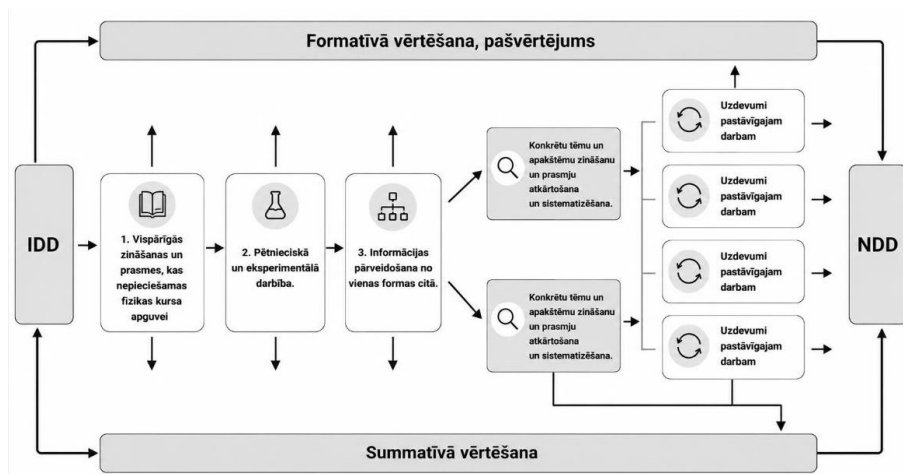
Lai pedagoģiskais process būtu efektīvs, ir būtiski identificēt galvenos faktorus, kas ietekmē mācīšanās rezultātus. Intensīvajās izlīdzinošajās mācībās fizikā īpaša nozīme ir sākotnējai informācijai par izglītojamo, tostarp vecumam (17–35 gadi), iepriekšējai izglītībai un individuālajām īpatnībām (*Bruning et al., 1999; Brownstein, 2001; Šteinberga, 2013*). Šie faktori nosaka iespēju veidot individualizētu mācību ceļu, jo mācīšanās process ir individuāli determinēts (*Šteinberga, 2013; Brown et al., 2015*). Vecums atspoguļo psihes attīstības īpatnības un reakciju uz stimuliem, tomēr būtiskas individuālās atšķirības pastāv arī vienas vecumgrupas ietvaros (*Brown, 1989; Šteinberga, 2013*).

Mācību rezultātus būtiski ietekmē izglītojamā motivācija. Ja mācīšanos galvenokārt nosaka ārējie faktori (piemēram, sociālais spiediens), mācību rezultāti parasti ir zemāki, savukārt iekšēji motivēta mācīšanās sekmē augstāku mācību efektivitāti. Intensīvo

izlīdzinošo mācību dalībnieki neveido homogēnu grupu – tie atšķiras pēc motivācijas, iepriekšējās sagatavotības un valodas kompetences. Šīs nevienveidības mazināšanā nozīmīga loma ir agrīnai karjeras izglītībai, kā to paredz Ministru kabineta noteikumu Nr. 416 un 4.7. punkts, sekmējot apzinātu izglītības izvēli un pašnovērtējuma attīstību.

Latvijā izlīdzinošās mācības tiek īstenotas dažādās formās (privātskolotāji, sagatavošanas kursi u. c.), tostarp RTU intensīvajos četrus mēnešus ilgos fizikasursos, kuru mērķis ir sistematizēt un pilnveidot vidusskolā apgūtās zināšanas fizikā. Tomēr ne visi izglītojamie šos kursus apmeklē finansiālu, psiholoģisku vai citu iemeslu dēļ. Pētījuma empīrisko bāzi veido RTU kursu dalībnieki ($N = 620$), par kuriem dati tika vākti laika posmā no 2015. līdz 2021. gadam (skat. 3. nodaļu).

Pēc pieteikšanās kursam izglītojamie veic ievada diagnosticējošo darbu (IDD), kas izstrādāts un aprobēts autores vadībā sadarbībā ar A. Cābeli un apgādu *Zvaigzne ABC*. Tiešsaistes uzdevumi atbilst vispārējās vidējās izglītības standartam fizikā un ietver vairāk nekā 2000 uzdevumu, kas pieejami platformā *Cloubi Cloud* (<https://maconis.zvaigzne.lv/>). Platforma nodrošina ne tikai uzdevumu izpildi, bet arī mācību analītikas funkcionalitāti. Kursa noslēgumā dalībnieki atkārtoti veic noslēguma diagnosticējošo darbu (NDD) un aizpilda anketu, lai izvērtētu mācību rezultātus un apmierinātību ar mācību procesu. IIM modelis detalizēti attēlots 34. attēlā.



34. att. IIM fizikā pedagoģiskā procesa modelis RTU intensīvajiem sagatavošanas kursiem.
Avots - autores izstrādāts (2015).

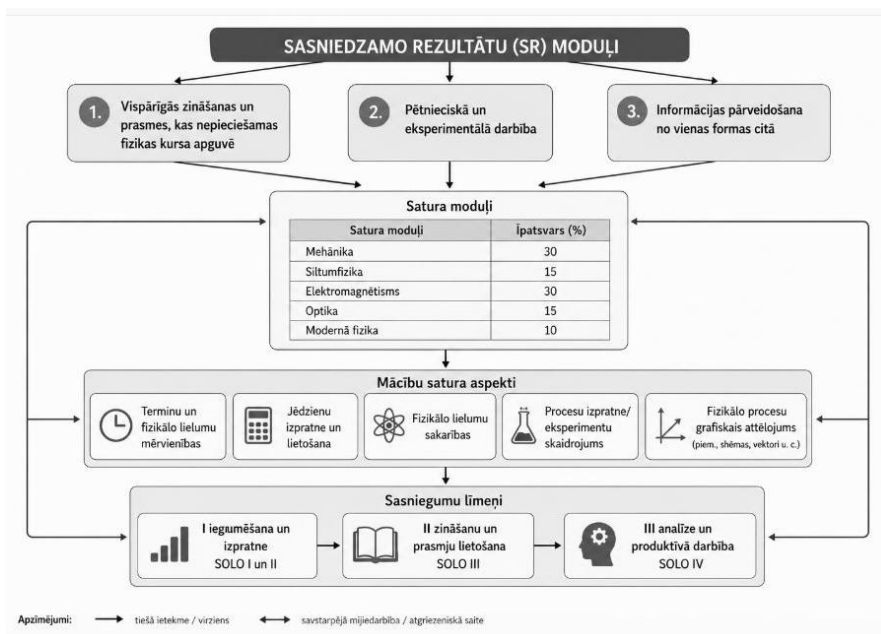
Pirmais modulis (1.) – vispārīgās zināšanas un prasmes, kas nepieciešamas fizikas kursa apguvei. Tas ietver pamata prasmes fizikā, matemātikā un ķīmijā, piemēram, fizikālo

lielumu izpratni, mērvienības, formulu pārveidojumus, skaitļu normālformu, zīmīgos ciparus, darbības ar pakāpēm, vektoru saskaitīšanu u.c.

Otrais modulis (2.) – pētnieciskā un eksperimentālā darbība, ietverot visus pētniecības posmus: problēmas izvirzīšanu, eksperimenta plānošanu un veikšanu (reālu vai virtuālu), datu apstrādi, analīzi, secinājumu formulēšanu un rezultātu prezentēšanu.

Trešais modulis (3.) – informācijas pārveidošana starp dažādām formām, piemēram, no teksta vai tabulas uz grafiku vai diagrammu, kā arī eksperimenta apraksta transformēšana shēmā vai skicē.

Pirms un pēc katra moduļa tiek veikts diagnosticējošais darbs, kas nodrošina atgriezenisko saiti, visbiežāk testu formā ar atbilžu izvēli, fokusējoties uz zināšanām un to lietošanu standarta situācijās. Pēc vispārējo prasmju apguves tiek sistematizētas konkrētu tēmu un apakštēmu zināšanas (Juškaite, 2018a). Fizikas kursa tematika ietver mehāniku, molekulārfiziku, elektrodinamiku, optiku un moderno fiziku, savukārt apakštēmas – piemēram, dinamikas uzdevumus, elektriskos slēgumus un elektromagnētisko viļņu pielietojumus (skat. 35. attēlu).

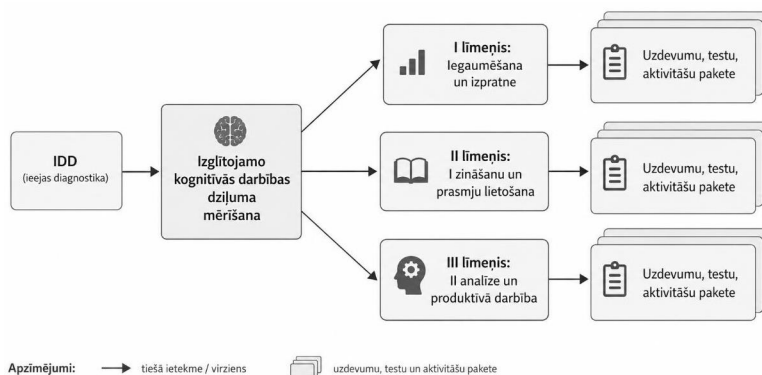


35. att. IIM pedagoģiskā procesa modeļa modulāro mācību principiālais algoritms. Avots - autores izstrāds.

Pirms un pēc katras tēmas apguves tiek veikts īss diagnosticējošais darbs. Atšķirībā no vispārīgo prasmju pārbaudes, tēmu apguves vērtēšanu veido tiešsaistes uzdevumi patstāvīgam darbam, kurus izglītojamie izpilda individuāli, bet rezultātu analīze notiek nodarbībās (klātienē un/vai tiešsaistē). Šajā posmā mācību process ir individualizēts, un uzdevumu daudzums tiek pielāgots izglītojamo kognitīvās darbības līmenim un motivācijai.

Autores skatījumā IIM kontekstā sākotnējo zināšanu un prasmju diagnosticēšana ir būtisks priekšnosacījums efektīvai mācību procesa organizācijai, jo izglītojamie uz kursiem ierodas ar atšķirīgu sagatavotības līmeni, bet īsā laikā nepieciešams nodrošināt sagatavošanos valsts pārbaudes darbam. Diagnosticējošā vērtēšana ļauj noteikt esošo zināšanu līmeni un nodrošināt mērķtiecīgu atgriezenisko saiti, kas ir viens no būtiskākajiem efektīvas mācīšanās faktoriem (Black & Wiliam, 1998; Bennett, 2011).

Pamatojoties uz ievaddiagnostikas rezultātiem, izglītojamo sasniegumi tiek klasificēti trīs līmeņos: I – iegaumēšana un izpratne, II – zināšanu un prasmju lietošana, III – analīze un produktīvā darbība. Šāda pieeja nodrošina iespēju diferencēt mācību saturu, tempu un metodes atbilstoši izglītojamo individuālajām vajadzībām. RTU intensīvajos izlīdzinošajosursos fizikā (četri mēneši) dalībnieki pēc diagnosticēšanas tiek sadalīti mazākās grupās, katrai nodrošinot atbilstoša līmeņa uzdevumu kopu (skat. 36. attēlu).



36. att. Izglītojamo kognitīvās darbības dziļuma mērīšana (I iegaumēšana un izpratne, II zināšanu un prasmju lietošana un III analīze un produktīvā darbība).

Diagnosticējošās vērtēšanas mērķis ir palīdzēt izglītojamiem un pedagogiem noteikt stiprās un vājās puses, identificēt nepieciešamo atbalstu un efektīvi plānot turpmāko mācību procesu. Diagnosticējošie darbi tiek veikti arī pēc katra moduļa apguves, lai

konstatētu nepilnības, uzlabotu mācību procesa organizāciju, izvēlētos atbilstošas metodes un plānotu individuālās konsultācijas.

Lai IIM būtu efektīvas un mazinātu plaisu starp vidusskolu un augstskolu, tās jāpielāgo izglītojamo grupu un individuālajām vajadzībām (Juškaite, 2018a). Īpaši nozīmīga ir ievaddiagnostika, kas ļauj noteikt izglītojamo izpratnes un prasmju līmeni pirms kursiem. Rezultāti jāanalizē gan pēc prasmju grupām (piemēram, izpratne par dabu, pētniecības un modelēšanas prasmes), gan pēc izziņas darbības dziļuma (Kelley, 2016). Vērtēšana tiek organizēta atbilstoši fizikas mācību priekšmeta standartam (MK noteikumi Nr. 416, 2019).

Diagnosticējošo darbu rezultāti ļauj noteikt, cik lielā mērā izglītojamie ir apguvuši zināšanas un prasmes, kā arī izvērtēt domāšanas dziļumu (Kolb et al., 2001). Balstoties uz šiem datiem, pedagogs plāno turpmāko mācību procesu (Azuma, 1997; Johnson et al., 2015; Petrov & Atanasova, 2020). Būtiska ir arī individuāla snieguma analīze, izvērtējot ne tikai rezultātu, bet arī risinājuma gaitu un domāšanas procesu (Johnson et al., 2015). Pētnieki uzsver, ka izglītojamo mācīšanās atšķirības nosaka individuālie kognitīvie un vides faktori (Azuma, 1997; Johnson et al., 2015; Petrov & Atanasova, 2020; Czisch, 2009; Andersone, 2011; Arndt & Pierce, 2018). Tādēļ mācību procesa sākumā svarīgi identificēt piemērotākās mācīšanās pieejas un grūtības, uzsverot izglītojamo stiprās puses (Bakir, 2016; Bannell et al., 2016; Johnson et al., 2015; Skola 2030, 2018).

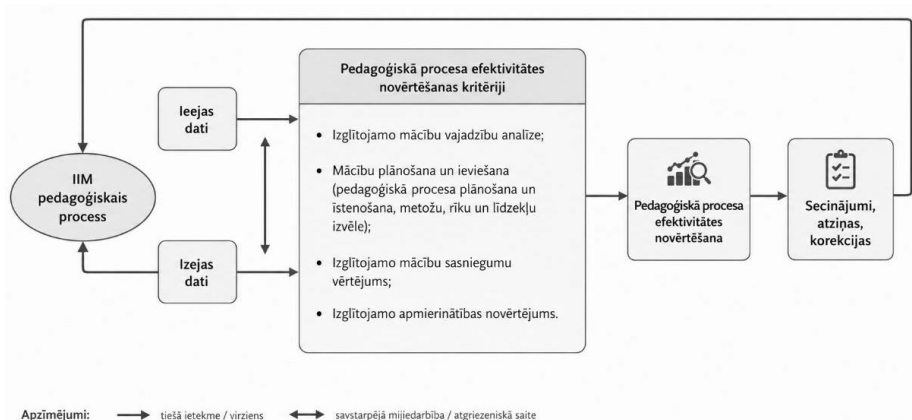
Diagnosticējošajai vērtēšanai jāsniedz informācija ne tikai par zināšanām un prasmēm, bet arī par izglītojamo domāšanas procesu, padarot to redzamu un nodrošinot kvalitatīvu atgriezenisko saiti (Black & Wiliam, 1998; Bennett, 2011). Tas ļauj mērķtiecīgi plānot mācību aktivitātes un attīstīt prasmi zināšanas pielietot dažādos kontekstos. Regulāra atkārtota pārbaude palīdz pārliecināties par sasniedzamo rezultātu noturību (Čiburienė & Guščinskienė, 2012; Skola 2030). Plānojot turpmāko mācību procesu, nepieciešams diferencēt pieeju, pielāgojot aktivitāšu apjomu un atgriezenisko saiti konkrētām izglītojamo grupām (Book, 2014; Skola 2030). Diagnosticējošie darbi, kuriem pievienoti skaidri vērtēšanas kritēriji, kalpo kā instruments pamatzināšanu noteikšanai un individuāli pielāgota mācību satura nodrošināšanai. Tomēr prakse rāda, ka daudziem izglītojamajiem ir grūtības analizēt un strukturēt informāciju, kā arī nepietiekamas problēmu risināšanas un eksperimentālās darbības prasmes.

2.2.3. Intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) fizikā pedagoģiskā procesa efektivitātes kritēriji

Efektivitāte ir daudzslāņains un kontekstatīvs jēdziens. Tā raksturo pakāpi, kādā sistēma sasniedz noteiktos mērķus, ņemot vērā izmantotos resursus (Book, 2014). IIM pedagoģiskā procesa efektivitāti iespējams novērtēt, salīdzinot ieejas un izejas datus (skat. 37. attēlu) pēc noteiktiem kritērijiem. Mācību procesa efektivitāti ietekmē vairāki faktori (Bakir, 2016; Bannell et al., 2016), un tās izvērtēšanai nepieciešami skaidri kritēriji un atgriezeniskā saite (Bannell et al., 2016; Loonam et al., 2018). Mācību sasniegumu analīzei ir nozīme pedagoģiskā procesa pilnveidē – tā ietekmē mērķu formulēšanu, satura attīstību un metožu izvēli. Vērtēšana ļauj novērtēt resursu izmantošanas efektivitāti un pieņemt lēmumus par mācību programmu attīstību vai pilnveidi (Loonam et al., 2018; Cheng et al., 2018). Efektivitāte nav statistiska īpašība, bet veidojas izglītojamā un mācību vides mijiedarbībā, un to var novērtēt tikai konkrētā kontekstā (Ehlers, 2007; Cheng et al., 2018).

Autores skatījumā IIM kontekstā efektivitātes kritēriji ir attiecināmi uz konkrēto izglītības vidi, īpaši analizējot e-studiju tehnoloģiju ietekmi intensīvajos fizikasursos. Efektivitātes uzlabošana tiek uztverta kā sadarbības un dialoga process starp visām iesaistītajām pusēm (Tennant et al., 2002; Kirkpatrick & Kirkpatrick, 2006), kur kopīgi tiek definēti mācību mērķi un vērtības (Taylor et al., 1998; Kirkpatrick & Kirkpatrick, 2006).

Literatūras analīze liecina, ka plaši pētījumi pieejami par mācību efektivitāti organizācijās un formālajā izglītībā (Lupton et al., 1999; Kirkpatrick & Kirkpatrick, 2006; Gupta & Sleezer, 2007; Cekada, 2011), taču trūkst pētījumu par izlīdzinošo kursu efektivitāti. Tādēļ IIM pedagoģiskā procesa novērtēšanai par pamatu tika izvēlēts vajadzību novērtēšanas modelis (Gupta & Sleezer, 2007) un mācību efektivitātes modelis (Kirkpatrick & Kirkpatrick, 2006). Balstoties uz šo modeļu atziņām (Kirkpatrick & Kirkpatrick, 2006; Gupta & Sleezer, 2007), IIM efektivitātes novērtēšanā tiek izdalīti četri posmi: (1) izglītojamo vajadzību analīze; (2) mācību plānošana un īstenošana; (3) mācību sasniegumu vērtēšana; (4) izglītojamo apmierinātības novērtējums (skat. 37. attēlu).



37. att. IIM pedagoģiskā procesa efektivitātes novērtēšanas princips. Avots - autore izstrādāts.

Promocijas darba zinātniskā novitāte izpaužas IIM pedagoģiskā procesa efektivitātes novērtēšanas kritēriju izstrādē, kas pirmo reizi integrē diagnostikas, personalizācijas un mācību rezultātu analīzi vienotā e-ekosistēmas ietvarā. Atšķirībā no līdzšinējiem pētījumiem, piedāvātais modelis ir specifiski pielāgots intensīvajiem izlīdzinošajiem kursiem fizikā, nodrošinot empīriski pamatotu pieeju izglītojamo heterogenitātes pārvaldībai un mācību efektivitātes paaugstināšanai īsā laika periodā.

Izglītojamo vajadzību analīze ir cieši saistīta ar mācību procesa organizēšanu, ietverot mērķu, resursu un uzdevumu izvērtēšanu (Gupta & Sleezer, 2007; Cekada, 2011). Vajadzību novērtēšana ļauj apkopot informāciju par izglītojamo kompetenci un mācību uzdevumiem, identificējot problēmu cēloņus (Tennant et al., 2002; Cheng et al., 2018). Šim nolūkam izmantotas anketēšanas, interviju, novērošanas un mācību sasniegumu analīzes metodes, kas IIM kontekstā tika integrētas kompleksā pieejā (Kirkpatrick & Kirkpatrick, 2006; Gupta & Sleezer, 2007).

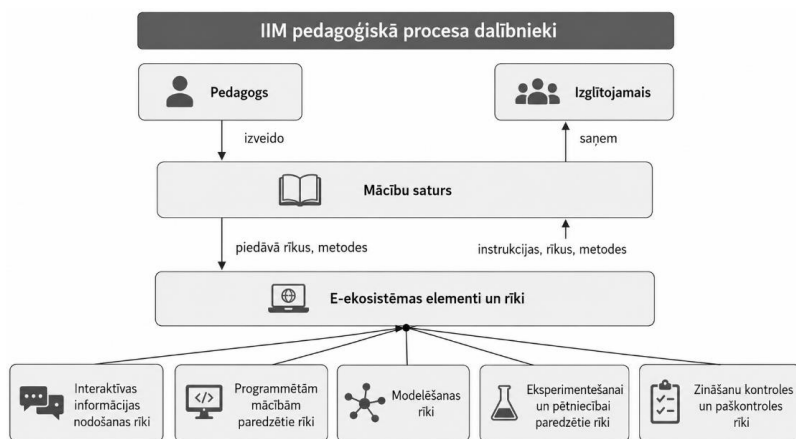
Pētījumā analizēta izglītojamo reakcija uz mācību procesa elementiem (materiāliem, e-studiju rīkiem, aktivitātēm), kas ļāva operatīvi identificēt nepilnības un veikt korekcijas. Datu ieguvē tika kombinēti slēgtie un atvērtie jautājumi, kā arī analizēti zināšanu un prasmju pārbaudes rezultāti (skat. 3. nodaļu). Mācību programmu un to īstenošanas izvērtēšana ir būtiska, jo tā ļauj pilnveidot programmas, pieņemot lēmumus par to turpināšanu vai pārstrukturēšanu, kā arī pamatot resursu izmantošanu (Kirkpatrick, 1994; Cekada, 2011; Cheng et al., 2018). IIM kontekstā nozīmīgs ir arī finansējuma aspekts, jo izglītojamie paši sedz mācību izmaksas. Pedagoģiskā procesa analīzē svarīgi identificēt cēloņsakarības, īpaši neveiksmju un panākumu faktorus, kas ļauj pilnveidot

turpmākos mācību posmus (*Kirkpatrick, 1994*). Lai gan iespējama arī pedagoģisko parādību matemātiska modelēšana (*Cekada, 2011*), to ierobežo procesa daudzfaktoru un kompleksais raksturs.

Pētījuma gaitā, izmantojot pedagoģisko eksperimentu, tika analizēti mācīšanās dati, lai izvērtētu izglītojamo iesaisti, kognitīvo darbību un mācību satura atbilstību. Veiktā aprobācija, rezultātu verifikācija un validācija apliecina, ka izstrādātais IIM pedagoģiskais modelis fizikā ir pielietojams un nodrošina ticamu informāciju par izglītojamo progresu un mācību satura atbilstību mērķiem. Autores skatījumā būtiska ir ne tikai izglītojamo vajadzību izpēte, izmantojot aptaujas, bet arī mācību analītikas rīku sniegtā informācija par mācību sasniegumiem, kognitīvo darbību un uzvedību mācību procesā.

2.3. E-ekosistēmas pielietošanas algoritmi un to mijasakarības pedagoģiskā procesa nodrošināšanai IIM fizikā

IIM pedagoģiskā procesa galvenie dalībnieki ir izglītojamais un pedagogs. Izstrādājot IIM fizikā pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeli, autore piedāvā scenārijus abām pusēm, balstoties uz interaktīvām mācību metodēm: interaktīvu informācijas nodošanu (*Nissen, 2005*), programmētu mācīšanos, modelēšanu, eksperimentēšanu/pētniecību un zināšanu kontroli/paškontroli.



38. att. IIM pedagoģiskā procesa norises pamatprincipi. Avots - autore izstrādāts.

Atbilstoši modelim (skat. 38. attēlu) pedagogs nodrošina mācību saturu, metodes un līdzekļus, izmantojot e-ekosistēmas rīkus (mobīlās tehnoloģijas, virtuālās un attālinātās laboratorijas, mākoņdatošana, e-studiju vides, interaktīvie displeji u.c.). Izglītojamajiem

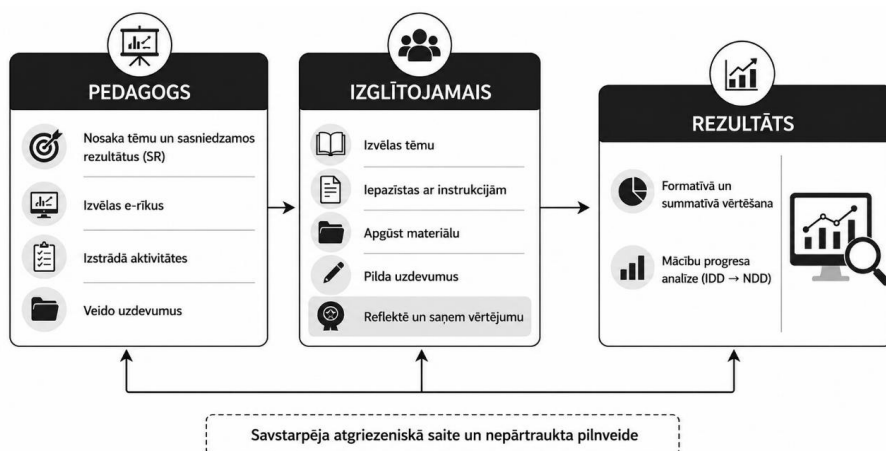
tiek piedāvāts individualizēts saturs, kombinējot dažādas metodes un tehnoloģijas vienas tēmas apguvē. Metodika tiek īstenota IIM fizikasursos vispārējās vidējās izglītības līmenī. Literatūras analīze apliecina, ka sasniedzamos rezultātus visefektīvāk iespējams panākt, aktīvi iesaistot izglītojamos mācību procesā (*Ravanis et al.*, 2008; *Otero & Fanaro*, 2011; *Targamadze & Šimelionienė*, 2015; *Ruslan*, 2017). Interaktīvo metožu izmantošana veicina izglītojamo līdzdalību un nostiprina viņu kā centrālo mācību procesa dalībnieku.

Autores izstrādātajā IIM e-ekosistēmas modelī tiek integrētas interaktīvas metodes (informācijas nodošana, modelēšana, eksperimentēšana, zināšanu kontrole), kuras realizē ar e-studiju tehnoloģiju rīkiem (skat. 1. nodaļu). Turpmāk aplūkoti autores izstrādātie IIM scenāriji, to algoritmi pedagogam un izglītojamajam, kā arī sniegts to teorētiskais pamatojums.

2.3.1. Interaktīvas informācijas pārnese metodes pielietošanas algoritms

Interaktīvās informācijas pārnese metodes (*information transfer method*) mērķis ir nodrošināt zināšanu nodošanu (*Daugule & Kapenieks*, 2017). Tā, izmantojot e-ekosistēmas elementus, var tikt īstenota vizuāli, audiāli un kinestētiski, nodrošinot informācijas uztveri dažādiem izglītojamajiem (*Abromavičienė et al.*, 2013; *Bazens*, 2008; *Figliano*, 2011; *Juškaite*, 2018b; *Daugule et al.*, 2022).

IIM procesā būtiski izvēlēties resursus, kas aktivizē izglītojamo iesaisti (*Davidova*, 2000; *Kapenieks & Daugule*, 2019), piemēram, papildinot video ar jautājumiem un vizuāliem elementiem. Pētījumi rāda, ka pārmērīgi gari teksti un informācijas vienības samazina uzmanību (*Bauer*, 1990; *Alvargonzalez*, 2011; *Chang*, 2009; *Juškaite*, 2018b), un aptuveni 75% izglītojamo saglabā koncentrēšanos līdz ~3 minūtēm (*Bazens*, 2008). Tādēļ ilgākas aktivitātes ieteicams strukturēt ar jautājumiem un pauzēm (*Downing*, 1997; *Donohoe & Benton*, 2000).



39. att. IIM interaktīvas informācijas pārnese metodes algoritms. Avots - autores izstrādāts.

Metode ir efektīva vairākos IIM posmos (Juškaite, 2018), īpaši vispārīgo prasmju attīstībā un informācijas pārveidē, kā arī tēmu atkārtotā un sistematizēšanā. Tās efektivitāti nodrošina skaidri algoritmi pedagogam un izglītojamajam, kā arī procesa pārvaldība un nepārtraukta pilnveide, balstoties uz rezultātiem. IIM pieejā būtiska ir arī mācību analītika un atgriezeniskā saite, kas ļauj ātri novērtēt izglītojamo progresu un pielāgot mācību saturu, veicinot efektīvāku un dziļāku mācīšanos ierobežotā laikā (Juškaite *et al.*, 2021). Šī shēma ilustrē, kā IIM pedagoģiskajā procesā interaktīvās darbības algoritms strukturēti virza izglītojamo no zemākiem SOLO līmeņiem (iegaumēšana, vienkārša izpratne) uz augstākiem (relacionāla izpratne un paplašināta abstrakcija), nodrošinot pakāpenisku kognitīvās darbības padziļināšanos. Zinātniskā novitāte izpaužas integrētā pieejā, kur vienotā e-ekosistēmā tiek sasaistīts pedagoģiskais modelis, mācību algoritms un SOLO taksonomija, ļaujot sistemātiski vadīt un izmērīt izglītojamo izzināšanas attīstību intensīvā mācību vidē.

2.3.2. Programmētas (secīgas) mācīšanas/mācīšanās metodes pielietošanas algoritms

Programmētā mācīšana/mācīšanās ir viena no senākajām metodēm, kas saistīta ar e-riku izmantošanu mācību procesā un balstīta biheiviorisma teorijā (Agnew, 1999). Tās pamatā ir cikls: mērķis → veiksmē → stimulē → jauns mērķis. Mācību saturs tiek strukturēts mazos elementos, katram nodrošinot tūlītēju atgriezenisko saiti un stimulu (Ellington, 1987; Chua, Hwang, & Huang, 2010). Apguves process ietver trīs posmus: satura demonstrēšanu, izpildes pārbaudi un rezultāta paziņošanu (Ellington, 1987; Daugule *et al.*, 2022).

Metode ir īpaši efektīva vispārīgo prasmju attīstībā un patstāvīgo uzdevumu izpildē (Juškaite, Šteinberga, & Kapenieks, 2020; Juškaite *et al.*, 2021), jo nodrošina pakāpenisku un strukturētu mācīšanos. Atkārtots darbību cikls veicina motivāciju, jo izglītojamais ātri saņem atgriezenisko saiti (Ellington, 1987; Juškaite, 2018b; Daugule *et al.*, 2022). E-rīki paplašina metodes iespējas, ļaujot individualizēt tempu un diferencēt uzdevumus pēc grūtības pakāpes (Juškaite, 2018b; Juškaite, 2020; Juškaite *et al.*, 2021). Metodi iespējams sasaistīt ar Gaņjē teoriju, uzsverot individuāli pielāgotu mācīšanos un pedagoga lomu mācību procesa vadībā (Gagné *et al.*, 2007). Tā veicina visu izglītojamo iesaisti, balstoties izpratnē par mācīšanās procesiem. Pētījumi norāda gan uz priekšrocībām, gan ierobežojumiem (Ellington, 1987; Chua, Hwang, & Huang, 2010; Alvargonzalez, 2011; Juškaite *et al.*, 2021). Būtiska priekšrocība ir iespēja sistemātiski uzkrāt datus par sasniegumiem un nodrošināt diferencētu mācību saturu (Chua, Hwang, & Huang, 2010; Daugule *et al.*, 2022), savukārt kritika saistīta ar nepietiekamu uzmanību izglītojamā personības aspektiem (Ellington, 1987; Agnew, 1999; Chua, Hwang, & Huang, 2010).

Programmētās mācīšanas principi tiek izmantoti arī digitālajās vidēs, piemēram, datorspēlēs, kur progresu pavada tūlītēja atgriezeniskā saite un atlīdzība (Al-Zahrani & Laxman, 2016; Chua, Hwang, & Huang, 2010). Metode aprobēta IIM procesā, izmantojot ARTSS rīku (Kapenieks *et al.*, 2021), un tās praktiskie piemēri sniegti 4. pielikumā. Zinātniskā novitāte izpaužas programmētās mācīšanas integrācijā IIM e-ekosistēmā, kur tradicionālais lineārais mācību cikls tiek paplašināts ar mācību analītiku un adaptīviem e-rīkiem, nodrošinot individualizētu mācību trajektoriju reāllaikā. Šāda pieceja ļauj ne tikai strukturēti organizēt mācību procesu, bet arī dinamiski pielāgot satura sarežģītību un atgriezenisko saiti atbilstoši izglītojamā kognitīvās attīstības līmenim.

2.3.3. Modelēšanas metodes pielietošanas algoritms IIM procesā

Fizikā termins *modelis* apzīmē mērķa sistēmas vienkāršotu un stilizētu reprezentāciju, kas izceļ būtiskos aspektus (Frigg, 2009). Piemēram, planētu kustības analīzē tiek izmantots modelis, kur planēta un Saule tiek aplūkotas kā ideālas sfēras, un to mijiedarbība tiek aprakstīta ar Ņūtona mehāniku, iegūstot eliptiskas orbītas. Modeļu būtība tiek interpretēta dažādi – tie var tikt uzskatīti gan par formālām struktūrām, gan konceptuālām abstrakcijām (Frigg, 2009). Savukārt modeļu un teoriju attiecības ne vienmēr ir tiešas, jo daudzi modeļi ietver vienkāršojumus vai pieņēmumus, kas pilnībā neatbilst fundamentālajām teorijām (Clement, 2000).

IIM mācību procesā modelēšana tiek izmantota kā interaktīva metode fizikālo parādību un procesu izpratnei, laboratorijas darbos, mehānismu un elektrisko shēmu modelēšanā, kā arī uzdevumu risināšanā (Petty, 2008; Gilbert, 1991). Šim nolūkam tiek integrēti dažādi e-studiju tehnoloģiskie rīki: mobilās tehnoloģijas, virtuālās un attālinātās laboratorijas, mākoņdatošanas rīki un e-studiju vides. Kā piemērs minams *PhET* interaktīvais simulāciju projekts (*University of Colorado Boulder*). Datorsimulācijās balstīta modelēšana ļauj īsākā laikā iegūt plašāku informāciju par pētāmo objektu, samazina izmaksas un nodrošina iespēju analizēt grūti novērojamas parādības, piemēram, molekulu kustību (OECD, 2020). Mainot modeļa parametrus, iespējams analizēt cēloņsakarības un atbildēt uz jautājumiem “kas, kā, kāpēc” (Clement, 2000; Petty, 2008).

Modelēšana ir konstruktīva un izziņu veicinoša mācību metode, kas attīsta izglītojamo spēju analizēt, abstrahēt un strukturēt zināšanas (Gobert & Buckley, 2000; Petty, 2008; Chiu & Lin, 2019). Tā veicina aktīvu zināšanu konstruēšanu, kur centrālā loma ir izglītojamajam. Datormodelēšana palīdz identificēt būtiskās parādību pazīmes un atdalīt nebūtisko informāciju (Clement, 2000; Chiu & Lin, 2019). Fizikas un tehnoloģiju kompetence ir būtiska personības attīstībai, sabiedriskajai līdzdalībai un profesionālajai darbībai *STEM* jomās (Fadel, Bialik, & Trilling, 2015; OECD, 2019; Schoemaker et al., 2018), kā arī izpratnei par zinātnes un tehnoloģiju procesiem (Clement, 2000; Gobert & Buckley, 2000; OECD, 2020). Pētījumā izstrādātais modelēšanas metodes pielietošanas algoritms IIM procesā ir vizualizēts 40. attēlā.

Zinātniskā novitāte izpaužas modelēšanas metodes integrācijā IIM e-ekosistēmā, kur datorsimulācijas un interaktīvie rīki izmantoti ne tikai ilustrācijai, bet arī kā pamatinstruments izglītojamo kognitīvās darbības attīstībai izglītojamo kognitīvās darbības attīstībai un individuālu mācību trajektoriju veidošanai. Šāda pieeja ļauj sistemātiski sasaistīt modelēšanu ar mācību analītiku un *SOLO* līmeņiem, nodrošinot mērķtiecīgu pāreju no virspusējas izpratnes uz dziļu, strukturētu zināšanu konstruēšanu.

Fizikas mācību procesā nepieciešams mērķtiecīgi organizēt izglītojamo darbību ar modeļiem, piedāvājot uzdevumus, kuru risinājums balstās uz datu analīzi un dabaszinātnisko parādību skaidrošanu. Modelēšanas metodes pielietošanas algoritms IIM procesā ietver pedagoga un izglītojamā savstarpēji saistītu darbību secību.

Saskaņā ar normatīvajiem dokumentiem modelēšana ir būtisks līdzeklis dabaszinātniskās izpratnes padziļināšanai, jo tā veicina argumentētu skaidrojumu

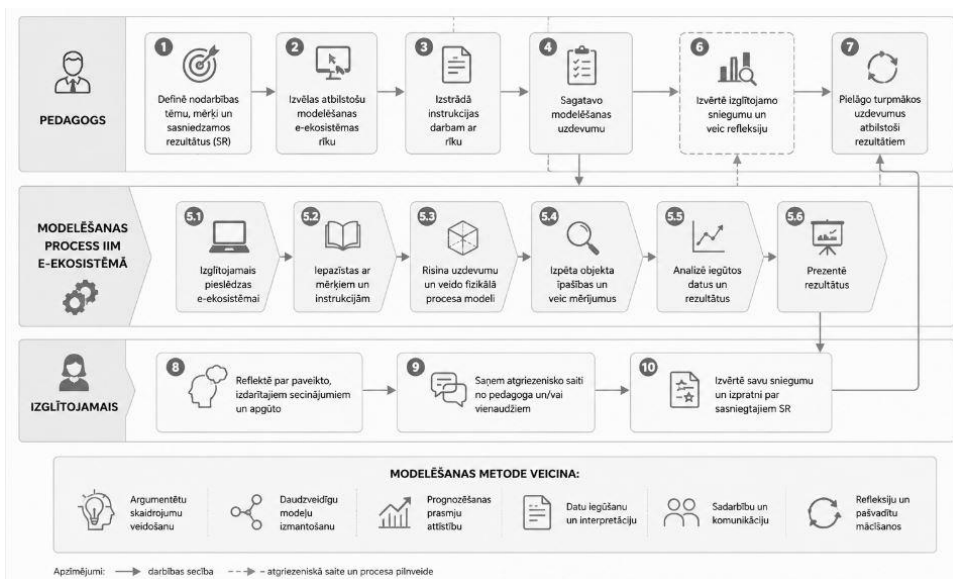
veidošanu, daudzveidīgu modeļu izmantošanu un prognozēšanas prasmju attīstību (MK noteikumi Nr. 416, 2019).

Pedagogam: nodarbības tēmas, mērķu un sasniedzamo rezultātu definēšana; atbilstoša e-ekosistēmas rīka izvēle; instrukciju izstrāde; mācību uzdevumu sagatavošana; izglītojamo snieguma izvērtēšana un refleksija; turpmāko uzdevumu pielāgošana atbilstoši rezultātiem.

Izglītojamajam: pieslēgšanās e-ekosistēmai; iepazīšanās ar mērķiem un instrukcijām; uzdevumu risināšana un fizikālo procesu modelēšana; objekta īpašību izpēte; rezultātu prezentēšana, refleksija un atgriezeniskās saites saņemšana.

IIM procesā īpaša nozīme tiek piešķirta modelēšanas uzdevumiem, jo modelēšanas kompetence ir būtiska dabaszinātniskās izpratības sastāvdaļa (*Louca & Zacharia, 2012*). Pētījumi liecina, ka to veido gan praktiskās prasmes, gan metakognitīvās zināšanas, kas saistītas ar spēju analizēt un reflektēt modelēšanas procesu (*Nicolaou & Constantinou, 2014*).

Modelēšanas algoritma zinātniskā novitāte IIM kontekstā izpaužas kā strukturēta, divpusēja (pedagoga–izglītojamā) darbību integrācija vienotā e-ekosistēmā, kas nodrošina sistemātisku pāreju no modeļa konstruēšanas uz reflektētu izpratni un personalizētu mācīšanos.



40. att. Modelēšanas metodes pielietošanas algoritms IIM mācību procesā. Avots - autores izstrādāts.

Atšķirībā no tradicionālām pieejām algoritms apvieno modelēšanu, digitālos rīkus un atgriezenisko saiti vienotā ciklā, tādējādi veicinot dziļāku kognitīvo izpratni un modelēšanas kompetences attīstību. Modelēšana nozīmē vienkāršotas realitātes reprezentācijas izveidi – grafiskā, matemātiskā, fiziskā vai verbālā formā –, kas palīdz izprast parādību būtību un savstarpējās mijasakarības (Louca & Zacharia, 2012; Nicolaou & Constantinou, 2014).

2.3.4. Eksperimentālās/pētnieciskās metodes pielietošanas algoritms

Eksperimentālās darbības metodoloģiskais pamats balstās epistemoloģijā, kur izzīņa tiek skatīta kā aktīvas cilvēka attiecības ar realitāti, izmantojot maņu orgānus un dažādas izzīņas formas – novērojumus, testus un eksperimentus (Ramsey, 1998). Fizikas apguvē eksperimentēšana ir būtiska sistemātiskās domāšanas attīstībai, jo tā ļauj pētīt parādības, noteikt sakarības starp lielumiem un formulēt likumsakarības (Franklin, 2014).

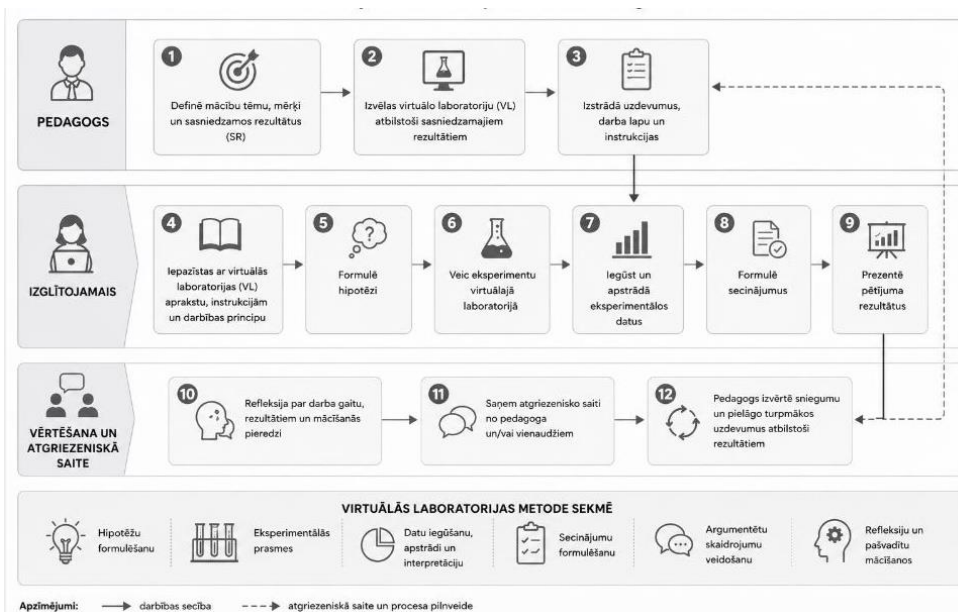
Eksperimenta laikā izglītojamie veic mērījumus, izmanto mērinstrumentus, analizē datus un izdara secinājumus, tādējādi attīstot pētnieciskā darba prasmes. IIM procesā, kur ne vienmēr pieejamas fiziskās laboratorijas, nozīmīgu lomu ieņem e-rīki un virtuālās laboratorijas (Dudareva, 2013; Juškaite, 2018b; Shah et al., 2018), kas ļauj simulēt eksperimentus, atkārtot tos un pētīt arī bīstamas vai grūti novērojamas parādības (OECD,

2020). Metode īpaši efektīva modulī “Pētnieciskā darbība” un mācību satura sistematizēšanā.

Autores izstrādātais eksperimentālās/pētnieciskās metodes algoritms IIM procesā ietver strukturētu pedagoga un izglītojamā darbību mijiedarbību. Pedagogam: nodarbības mērķu un rezultātu definēšana; atbilstošu digitālo rīku izvēle; instrukciju un uzdevumu izstrāde; eksperimenta norises plānošana; rezultātu izvērtēšana un refleksija; turpmāko uzdevumu pielāgošana. Izglītojamajam: pieslēgšanās e-ekosistēmai; iepazīšanās ar mērķiem un instrukcijām; eksperimenta veikšana, izmantojot digitālos rīkus; datu fiksēšana un analīze; rezultātu apkopošana, secinājumu formulēšana; prezentēšana, refleksija un atgriezeniskās saites saņemšana.

Promocijas darbā eksperimentālā/pētnieciskā metode sistemātiski integrēta IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmā, kur tradicionālā eksperimentēšana tiek paplašināta ar digitālajiem rīkiem, nodrošinot adaptīvu, individualizētu un datu analītiskā balstītu mācību procesu. Izstrādātais algoritmiskais ietvars (pedagogs–izglītojamais) ļauj strukturēti organizēt eksperimentālo darbību un dinamiski pielāgot mācību saturu, tādējādi veicinot dziļāku izpratni par fizikas parādībām un paaugstinot mācību procesa efektivitāti intensīvo izlīdzinošo mācību apstākļos.

Eksperimentālā/pētnieciskā metode tika aprobēta, verificēta un validēta vairākos secīgos pētījuma posmos. Metodes sākotnējā aprobācija un verifikācija atspoguļota rakstā *The Impact of the Virtual Laboratory on the Physics Learning Process* (Juškaite, 2019). Turpmāka metodes aprobācija veikta pētījumā *Mobile Apps for Teaching Physics: Situation in Latvia* (Juškaite, Dzelzkaleja, Ipatovs & Kapenieks, 2020), kur tika izmantotas aptaujas, stundu novērojumi un fokusgrupu diskusijas.



41. att. Eksperimentālās/pētnieciskās metodes pielietošanas algoritms IIM mācību e-ekosistēmā.
Avots - autores izstrādāts.

Papildu validācija nodrošināta starptautiskajā *GrassLab* projektā, kur virtuālās laboratorijas tika izmantotas kopā ar modelēšanas un pētnieciskās darbības metodēm starptautiskā izglītības vidē. Tas ļāva novērtēt metodes pārnesamību, lietojamību un pedagoģisko efektivitāti dažādos izglītības kontekstos (5. pielikums).

2.3.5. Mācību sasniegumu kontroles/paškontroles un vērtēšanas metodes un pielietošanas algoritms

IIM kā neformālās izglītības forma nenosaka normatīvi fiksētus izglītojamo mācību sasniegumu kontroles un vērtēšanas kritērijus. Tomēr, ņemot vērā, ka IIM fizikā ir skaidri definēts mācību mērķis, izglītojamo sasniegumu kontrole ir būtiska pedagoģiskā procesa sastāvdaļa. Autores skatījumā vērtēšanai IIM procesā jāpiešķir attīstoša funkcija, nodrošinot izglītojamajam skaidrus orientierus turpmākai izaugsmei.

Vērtēšanas plānošana IIM procesā sākas ar sasniedzamā rezultāta definēšanu, sistemātiski nosakot nepieciešamos datus, to iegūšanas secību un izmantošanas mērķi. Tas ļauj novērtēt ne tikai zināšanu apjomu, bet arī izpratnes dziļumu un strukturētību. Īpaša nozīme tiek piešķirta atgriezeniskajai saitei kā nepārtrauktam informācijas apmaiņas procesam, kas ir formatīvās vērtēšanas centrālais elements. Tā ietver gan pedagoga, gan izglītojamā aktīvu iesaisti, kā arī savstarpēju mijiedarbību starp izglītojamajiem (*Chiu,*

2022). Jaunākie pētījumi uzsver, ka formatīvā vērtēšana, kas balstīta uz datiem un nepārtrauktu atgriezenisko saiti, būtiski uzlabo izglītojamo mācību sasniegumus un iesaisti (Sortwell et al., 2024). Mācību sasniegumu pārbaude ļauj identificēt izpratnes līmeni un kalpo kā indikators izglītojamā kognitīvajai iesaistei, kas izpaužas kompetencēs (Chiu, 2022). Snieguma vērtēšanas plānošana ietver uzdevumu atlasī, kas ļauj demonstrēt pētnieciskās prasmes, zināšanu pielietojumu starpdisciplināros kontekstos, kā arī dažādu kognitīvo un metakognitīvo darbību līmeņu attīstību. Mūsdienu pieejās īpaši tiek akcentēta mācību analītikas integrācija vērtēšanas procesā, kas nodrošina iespēju analizēt izglītojamo darbības reāllaikā un pielāgot mācību procesu individuālajām vajadzībām (Ifenthaler & Yau, 2020; Tempelaar et al., 2024). Bez strukturētām un klasificētām mācību aktivitātēm digitālā mācību vide reducējas līdz vienkāršai informācijas platformai vai e-rīkam (Vozniuk et al., 2015). Kā analizēts iepriekš, IIM procesā tiek izmantots plašs e-studiju tehnoloģiju klāsts, kas atbalsta dažādas mācību aktivitātes – no demonstrējumiem līdz pētnieciskajiem darbiem un pašnovērtējumam.

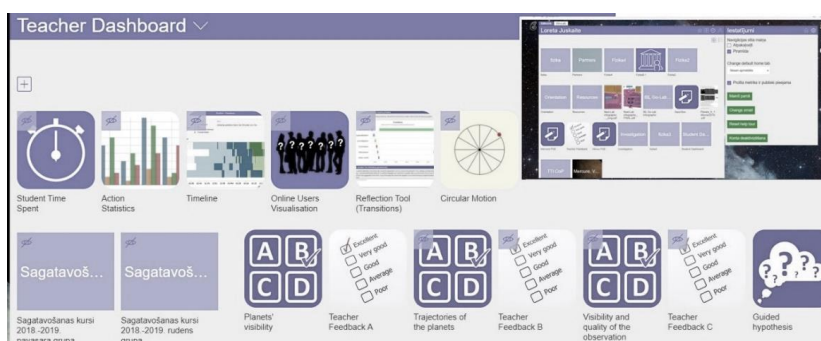
Būtisks nosacījums ir tas, ka datu ievākšana nedrīkst apgrūtināt mācību procesu vai radīt papildu slodzi pedagogam. Tādēļ IIM e-ekosistēmā nepieciešami integrēti mācību analītikas rīki vai savietojamas datu apstrādes sistēmas (Vozniuk et al., 2015). Jaunākie pētījumi uzsver, ka learning analytics izmantošana ļauj ne tikai uzraudzīt mācību procesu, bet arī prognozēt izglītojamo mācību rezultātus un savlaicīgi identificēt grūtības (Rodríguez-Triana et al., 2022). Lai gan virtuālās laboratorijas var izmantot autonomi, bez virtuālās mācību vides, tām bieži trūkst būtisku funkcionalitāšu, piemēram, komunikācijas, sadarbības un integrētas vērtēšanas iespēju. Savukārt tādās vidēs kā Graasp platforma, Moodle vai citās virtuālajās mācību vidēs iespējams nodrošināt pilnvērtīgu mācību procesa monitorēšanu un datu analīzi (Vozniuk et al., 2015; Juškaite, 2018).

Graasp platformā integrētā mācību analītikas sistēma ļauj analizēt izglītojamo mijiedarbību ar mācību aktivitātēm, aptverot dažādas pedagoģiskās pieejas – modelēšanu, eksperimentēšanu, pētniecību un vērtēšanu. Mūsdienu pētījumi norāda, ka šādas multimodālās mācību analītikas pieejas būtiski uzlabo izpratni par mācīšanās procesu un veicina efektīvāku formatīvo vērtēšanu (Zhang et al., 2023). Tāpat šīs pieejas nodrošina gan sinhronā, gan asinhronā mācību procesa efektīvu īstenošanu (Gillet & Bogdanov, 2013; Rodríguez-Triana et al., 2015).

Nozīmīga priekšrocība ir iespēja iegūt tūlītēju atgriezenisko saiti par katru aktivitāti, kas ir būtiski personalizētas mācīšanās īstenošanai. Pētījumi apliecina, ka learning

analytics un formatīvās vērtēšanas integrācija veido datu balstītu pedagoģisko pieeju, kas uzlabo mācību efektivitāti un atbalsta individualizētu mācību procesu (Tempelaar et al., 2024; Zhang et al., 2023).

IIM procesā plaši izmantota *Graasp* platforma, kas izstrādāta *Go-Lab* projekta ietvaros un nodrošina piekļuvi virtuālajām laboratorijām (Gillet & Bogdanov, 2013). Autore ir piedalījies platformas aprobācijā un uz pētniecību balstītu mācību telpu (*ILS*) izstrādē. Lai gan šobrīd platforma vairs netiek aktīvi attīstīta, tā joprojām nodrošina iespējas organizēt pilnvērtīgu mācību procesu, piedāvājot gan tehnisko, gan pedagoģisko atbalstu, kā arī dažādus scenārijus pedagoģiskā procesa īstenošanai.



42. att. Personalizēta Graasp VMV IIM fizikā RTU sagatavošanas kursiem. Autores izstrādāts Graasp VMV platformā.

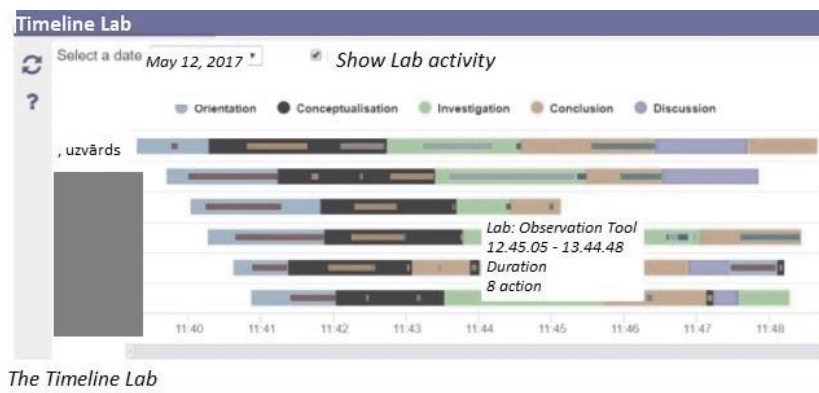
Graasp VMV ļauj pedagogam papildināt mācību vidi ar materiāliem no dažādām virtuālajām laboratorijām (piemēram, *PhET*) vai veidot tos patstāvīgi, nodrošinot daudzvalodīgu vidi, tostarp latviešu valodā. Platforma atbalsta uz pētniecību balstītu mācību vidi izveidi un pielāgošanu izglītojamo vajadzībām, integrējot virtuālās un attālinātās laboratorijas, kā arī dažādas interaktīvas aktivitātes. Tā veicina izglītojamo aktīvu iesaisti – problēmu izpēti, hipotēžu formulēšanu, risinājumu pārbaudi un secinājumu izdarīšanu, kas atbilst augstākiem Blooma taksonomijas kognitīvajiem līmeņiem (analīze, izvērtēšana, radīšana) un *SOLO* taksonomijas relāciju un paplašinātajam abstraktajam izpratnes līmenim (Biggs & Collis, 1982; Anderson & Krathwohl, 2001).

Būtiska *Graasp* VMV priekšrocība ir integrētie mācību analītikas rīki, kas ļauj fiksēt un analizēt izglītojamo darbības. Strādājot ar virtuālajām laboratorijām, tiek reģistrētas visas aktivitātes, tādējādi pedagogs var sekot ne tikai izglītojamā līdzdalībai, bet arī darbību secībai, atkārtojumu skaitam un uzdevumu izpildes procesam. Tas nodrošina iespēju detalizēti analizēt mācīšanās gaitu un pieņemt datus balstītus pedagoģiskos

lēmumus, vienlaikus sasaistot izglītojamo darbības ar konkrētiem kognitīvajiem sasniegumu līmeņiem (Vozniuk *et al.*, 2015; Ifenthaler & Yau, 2020; Tempelaar *et al.*, 2024).

Autores izstrādātā mācību sasniegumu kontroles, paškontroles un vērtēšanas pieeja Graasp vidē balstās uz šo datu izmantošanu, nodrošinot gan pedagoga iespējas izsekot izglītojamā aktivitātēm, gan izglītojamā iespējas monitorēt savu progresu un savlaicīgi saņemt atgriezenisko saiti. Šāda pieeja atbilst mūsdienu formatīvās vērtēšanas principiem, kur būtiska nozīme ir nepārtrauktai atgriezeniskajai saitei un datu izmantošanai mācību procesa uzlabošanai (Chiu, 2022; Sortwell *et al.*, 2024).

Līdz ar to moduļa “Eksperimentālā un pētnieciskā darbība” vērtēšana IIM procesā ir cieši integrēta ar mācību saturu un mācību procesu, kā arī balstīta mācību analītikā un personalizētā pieejā (Rodríguez-Triana *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2023). Autores skatījumā šī mācību analītikā balstītā vērtēšanas pieeja, kas sasaista izglītojamo aktivitātes ar SOLO un Bloom kognitīvajiem līmeņiem, veido būtisku IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas inovāciju, nodrošinot datu balstītu, personalizētu un kognitīvi orientētu mācīšanās vadību (Tempelaar *et al.*, 2024).

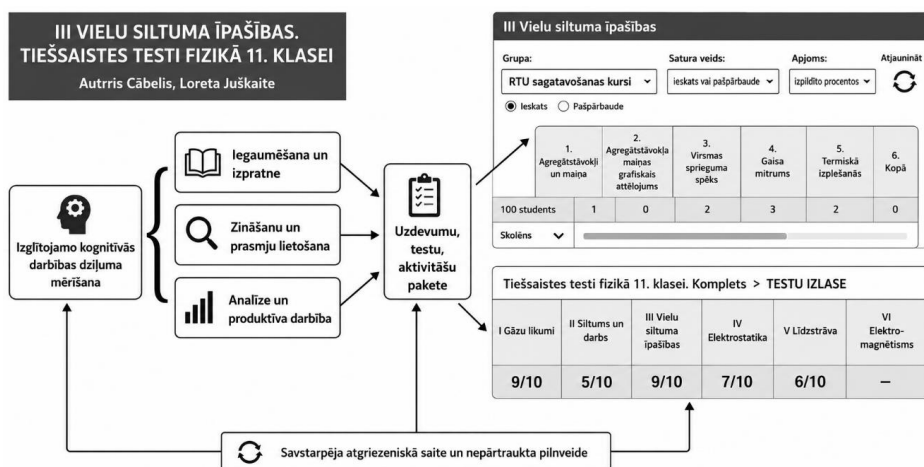


43. att. Autores Graasp VMV viena laboratorijas darba atskaites piemērs (ko redz pedagogs).

IIM procesā kompleksa snieguma vērtēšanai nepieciešamas skaidras kvalitātes gradācijas, tādēļ iespējams izmantot sistēmā iestrādātos snieguma līmeņus, kas atbilst izvīrītajiem mācību rezultātiem.

Kā viens no izglītojamo kognitīvās darbības un mācību sasniegumu mērīšanas rīkiem IIM procesā tiek izmantota Cloubi Cloud sistēma ar integrētiem mācību analītikas rīkiem, ko autore aprakstījusi iepriekšējos pētījumos (Juškaite, 2018b) un kas tiek pielietota

diagnosticējošajos darbos izdevniecības “Zvaigzne” platformā (<https://maconis.zvaigzne.lv>). *Cloubi* nodrošina progresīvu mācību analīzi, automatiski izsekojot izglītojamo progresu digitālajos mācību materiālos un piedāvājot datus dažādos kognitīvās darbības līmeņos. Pedagogam ir iespēja analizēt gan individuālo, gan grupas sniegumu, salīdzināt rezultātus un vērtēt izpildītos uzdevumus. 44. attēlā sniegta *Cloubi* sistēmas izmantošanas piemērs.



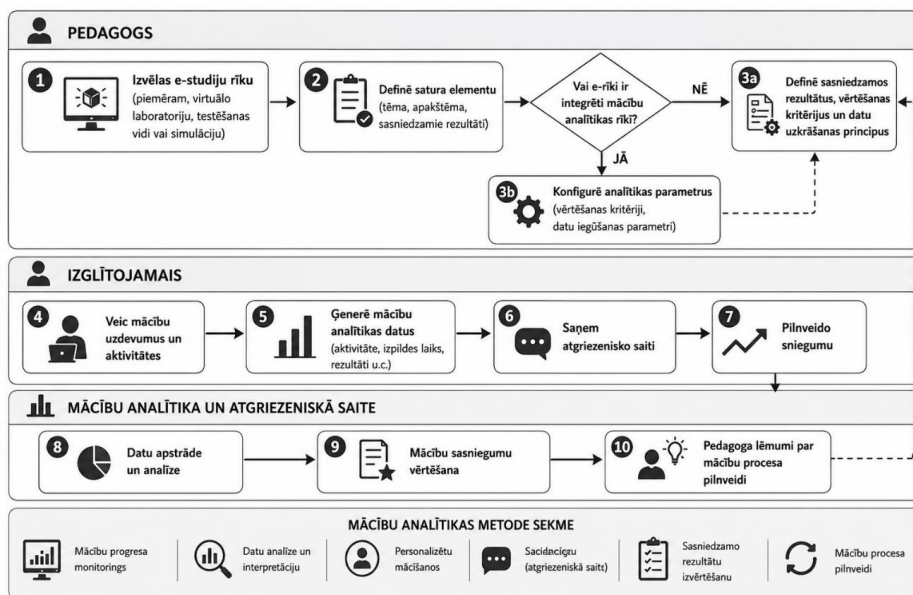
44. att. Izglītojamo sasniegumu piemērs no autores veidotā IDD izdevniecības „Zvaigzne ABC” *Cloubi Cloud* sistēmā.

Vērtēšana nodrošina izglītojamajiem atgriezenisko saiti par mācību sasniegumiem un ļauj pedagogam izvērtēt mācību mērķu sasniegšanu (*Chiu, 2022*). Tā vienlaikus kalpo kā būtisks motivācijas faktors, un IIM procesā nozīmīga ir gan formatīvā, gan summatīvā vērtēšana.

Pētījuma ietvaros tika analizēti risinājumi, kas veicina izglītojamo iesaisti un nodrošina mācību analītikai nepieciešamo datu ieguvu. Tika identificēti nosacījumi mācību sasniegumu kontroles/paškontroles algoritma izstrādei IIM fizikā, uzsvērt e-risinājumu izvēli ar integrētiem mācību analītikas rīkiem. Šādiem risinājumiem jābūt lietderīgiem ikdienas mācību procesā, neradot papildu slodzi pedagogam, kā arī jānodrošina datu drošība, privātums un ētikas prasību ievērošana (*Chiu, 2022*). Izvērtējot rīkus, tika analizēti trīs būtiski aspekti: izglītojamā iesaistes noteikšana, mācību satura un formas atbilstības izvērtēšana, kā arī mācību progresa izsekošana.

Ņemot vērā IIM mērķauditorijas vajadzības, autore izstrādāja mācību sasniegumu kontroles/paškontroles metodes algoritmu (skat. 45. attēlu), kas ietver strukturētu pedagoga

un izglītojamā darbību secību. Pedagogam: vērtēšanas formas un tēmas izvēle; atbilstoša e-ekosistēmas rīka izvēle; uzdevumu/testu izstrāde vai atlase; pārbaudes parametru noteikšana; piekļuves nodrošināšana; datu iegūšana un analīze. Izglītojamajam: pieslēgšanās e-ekosistēmai; uzdevumu vai testu izvēle; to izpilde; vērtējuma, skaidrojuma un konsultāciju saņemšana.



45. att. IIM mācību sasniegumu kontroles/paškontroles un vērtēšanas metodes un pielietošanas algoritms. Avots - autores izstrādāts.

IIM procesā moduļos “Eksperimentālā un pētnieciskā darbība” un “Informācijas pārveidošana no vienas formas citā” vērtēšana ir cieši integrēta ar mācību saturu un mācību procesu. Kompleksa snieguma novērtēšanai nepieciešamas skaidras kvalitātes gradācijas, tādēļ, atbilstoši izvirzītajiem mācību rezultātiem, tika izstrādāti detalizēti snieguma līmeņu apraksti. Šādi apraksti ļauj sasaistīt izglītojamo darbību ar Blooma taksonomija kognitīvajiem līmeņiem (analīze, izvērtēšana, radīšana) un SOLO taksonomija izpratnes struktūras līmeņiem (relāciju un paplašināti abstraktais līmenis), nodrošinot dziļākas izpratnes novērtēšanu.

Modulī “Vispārīgās zināšanas un prasmes, kas nepieciešamas fizikā” var izmantot tradicionālos vērtēšanas kritērijus, kas balstīti uz dihotomu pieeju (pareizi/nepareizi) vai vienkāršotu punktu skalu (piemēram, 0–1 vai 0–2). Tomēr šāda pieeja kopumā pilnvērtīgi neatspoguļo izglītojamo snieguma daudzdimensionalitāti un ir ierobežota, ja mērķis ir novērtēt augstāka līmeņa kognitīvās darbības. Lai nodrošinātu kvalitatīvu izglītojamo

snieguma novērtēšanu un sniegtu mērķtiecīgas rekomendācijas turpmākajam mācību procesam, pedagogam nepieciešams izmantot mācību analītikas rīkus, kas ļauj sasaistīt izglītojamo darbības ar konkrētiem kognitīvajiem līmeņiem un individuālajām mācīšanās trajektorijām.

Autores izstrādātajā IIM modelī vērtēšana tiek konceptualizēta kā mācību analītikā balstīts process, kurā izglītojamo aktivitātes tiek sistemātiski sasaistītas ar SOLO un Bloom kognitīvajiem līmeņiem, nodrošinot datus balstītu, personalizētu un kognitīvi orientētu mācīšanās vadību. Šāda integrēta pieeja paplašina tradicionālās vērtēšanas robežas, pārejot no rezultāta fiksācijas uz mācīšanās procesa dziļuma analīzi.

2.4. Secinājumi par 2. nodaļu

1. Zinātniskās literatūras un līdzīgu pētījumu analīze liecina, ka izglītībā plaši tiek izmantotas e-studiju tehnoloģijas un e-ekosistēmu pieejas, tomēr nav identificēts vienots, teorētiski un empīriski pamatots modelis, kas būtu tieši piemērots intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) organizēšanai fizikā.

2. E-ekosistēma izglītībā interpretējama kā daudzkomponentu sistēma, kurā savstarpēji mijiedarbojas izglītojamais, pedagogs, mācību saturs un digitālās tehnoloģijas. Literatūrā šo komponentu mijiedarbība pārsvarā analizēta fragmentāri, nepiedāvājot strukturētu pieeju to integrētai izmantošanai konkrētās pedagoģiskās situācijās.

3. Literatūras analīze parādīja, ka dominē pētījumi par atsevišķu digitālo tehnoloģiju izmantošanu, savukārt nepietiekami pētīta ir to savstarpējā integrācija, piemērotība konkrētām mācību situācijām un ietekme uz izglītojamo kognitīvajiem mācību sasniegumiem. Īpaši nepietiekami analizēta ir e-tehnoloģiju integrēta izmantošana fizikas mācību procesā intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā.

4. Pamatojoties uz teorētisko analīzi un praktisko pieredzi, tika izstrādāts IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis, kas integrē digitālās tehnoloģijas, personalizētu mācīšanos, multimodālu satura reprezentāciju un mācību analītiku vienotā pedagoģiskā sistēmā.

5. Izstrādātajā modelī pamatota nepieciešamība strukturēt IIM kursu trīs savstarpēji saistītos moduļos: vispārīgās zināšanas un prasmes, eksperimentālā un pētnieciskā darbība,

kā arī informācijas transformācija. Šāda struktūra atbilst fizikas kā eksperimentālas zinātnes būtībai un sekmē izglītojamo virzību uz augstākiem izziņas darbības līmeņiem.

6. IIM modelī būtiska nozīme ir programmētai mācīšanai un mācīšanās procesam, modelēšanai, eksperimentēšanai, pašregulētai mācīšanās pieejai, kā arī zināšanu kontrolei un paškontrolei. Šo pieeju integrācija nodrošina personalizētu mācību procesu un sekmē izglītojamo aktīvu iesaisti mācīšanās procesā.

7. Mācību analītika ir nozīmīga IIM e-ekosistēmas sastāvdaļa, jo tā nodrošina iespēju monitorēt izglītojamo progresu, sniegt atgriezenisko saiti un pieņemt datus balstītus pedagoģiskos lēmumus personalizētas mācīšanās atbalstam (Gillet & Bogdanov, 2013; Rodríguez-Triana et al., 2015; Vozniuk et al., 2015; Juškaite, 2018b).

8. Nodaļā pamatota nepieciešamība izstrādāt kognitīvo sasniegumu vērtēšanas metrisku, kas balstīta uz *SOLO* un Blūma taksonomiju pieeju. Šāda vērtēšanas sistēma nodrošina objektīvu mācību rezultātu analīzi, ļauj monitorēt izglītojamo izziņas attīstību un veicina pašregulētu mācīšanos.

9. Otrajā nodaļā izstrādātais IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis un tajā iekļautie pedagoģiskie algoritmi veido teorētisko ietvaru turpmākajam empīriskajam pētījumam. Empīriskajā daļā tika vērtēta nevis atsevišķu algoritmu efektivitāte, bet gan visa IIM modeļa darbība kopumā, analizējot izglītojamo mācību sasniegumu dinamiku, mācību procesa rezultativitāti un izglītojamo pieredzi.

10. Otrajā nodaļā formulētās teorētiskās atziņas tika izmantotas pētījuma turpmākajā izstrādē un empīriskajā aprobācijā. Ar pētījumu saistītie rezultāti publicēti starptautiskos recenzētos zinātniskajos izdevumos un prezentēti starptautiskās zinātniskajās konferencēs, nodrošinot to zinātnisko izvērtēšanu un starptautisku aprobāciju.

3. PĒTĪJUMA NORISE UN IEGŪTIE REZULTĀTI

Trešajā nodaļā analizēti pētījuma empīriskie rezultāti, kas iegūti, īstenojot intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) procesu fizikā. Nodaļa strukturēta četrās savstarpēji saistītās empīrisko rezultātu analīzes apakšnodaļās un noslēdzošā integrējošā apakšnodaļā, kurā empīriskie rezultāti sasaistīti ar teorētiskajām pieejām un IIM pedagoģiskajiem risinājumiem.

Nodaļa strukturēta četrās savstarpēji saistītās apakšnodaļās, kas nodrošina secīgu pāreju no izglītojamo raksturojuma un mācību procesa priekšnosacījumu analīzes uz mācību rezultātu izvērtējumu un izstrādātā modeļa efektivitātes pamatojumu. 3. nodaļā analizētas vairākas savstarpēji atšķirīgas datu kopas. IIM procesa empīrisko pamatizlasi veido 620 kursu dalībnieki sešu mācību gadu periodā. Diagnostikas uzdevumu izstrādes un aprobācijas pētījumā izmantotas atsevišķas izlases, savukārt IDD un NDD pāreju analīze veikta tikai tiem izglītojamajiem, kuriem bija pieejami abu diagnostikas posmu rezultāti. Tādēļ atsevišķās analīzēs izmantotais respondentu skaits var atšķirties.

11. tabula

IIM modeļa elementu atspoguļojums empīriskajā pētījumā

IIM komponente	Empīriskie pierādījumi
Interaktīva informācijas pārnese	Aptaujas, fokusgrupas
Programmētā mācīšanās	Diagnostikas testi, mācību analītika
Modelēšana	Virtuālās laboratorijas un mācību scenāriji
Eksperimentāli pētnieciskā darbība	Go-Lab, PhET aktivitātes
Sasniegumu kontrole un paškontrole	IDD, NDD, SOLO analīze

Lai nodrošinātu saikni starp 2. nodaļā izstrādāto IIM pedagoģiskā procesa ekosistēmas modeli un tā empīrisko izvērtējumu, 3. nodaļā analizētie pētījuma rezultāti strukturēti atbilstoši galvenajiem modeļa elementiem. Katrs modelī ietvertais elements tiek izvērtēts, izmantojot atbilstošus empīriskos datus un analīzes metodes.

Saistība starp IIM modeļa elementiem un pētījuma empīriskajām apakšnošādām.

2. nodaļā izstrādātais IIM modeļa elements	3. nodaļā veiktais empīriskais izvērtējums
Izglītojamā komponente	Izglītojamo raksturojums, vajadzību un motivācijas analīze
Satura komponente	Diagnosticējošo darbu izstrāde un aprobācija
Pedagoģiskā komponente	Mācību sasniegumu monitorings
Saziņas komponente	Aptauju rezultāti un atgriezeniskā saite
IIM modelis kopumā	Modeļa efektivitātes novērtēšana

Lai nodrošinātu empīriskā pētījuma norises pārskatāmību un parādītu saikni starp datu ieguves posmiem, analīzes metodēm un IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa izvērtējumu, 46. attēlā apkopoti galvenie pētījuma posmi. Shēma atspoguļo pētījuma īstenošanas secību – no izglītojamo sākotnējās diagnostikas un vajadzību analīzes līdz mācību procesa īstenošanai, rezultātu izvērtēšanai un modeļa efektivitātes novērtēšanai. Šāda strukturēta pieeja nodrošina iespēju analizēt gan atsevišķus pedagoģiskā procesa komponentus, gan IIM modeļa darbību kopumā.

1. PĒTĪJUMA PLĀNOŠANA UN SAGATAVOŠANA	2. DATU VĀKŠANA	3. DATU ANALĪZE	4. REZULTĀTU INTERPRĒTĀCIJA	5. REZULTĀTU IZPLATĪŠANA UN IZMANTOŠANA
- Pētījuma mērķu un jautājumu noteikšana - Literatūras analīze un teorētiskā ietvara izstrāde - IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa izstrāde (aprakstīta 2. nodaļā) - Pētījuma dizaina, instrumentu un ētikas aspektu izstrāde	- Dalībnieki RTU IIM kursu dalībnieki 2015–2021 (N = 620) - Mācību process IIM īstenošana fizikas kursā (atbilstoši modelim) - Datu avoti - Diagnostikas testi (IDD, NDD) - Mācību analītika - Aptaujas un fokusgrupas - Novērojumi - Mācību scenāriji un to atskaite (PHET, Go-Lab u.c.)	- Kvantitatīvā analīze - Aprakstošā statistika - Salīdzinājumi (pirms un pēc) - Korelāciju un regresiju analīze - Uzticamības analīze (Cronbach α) - Kvalitatīvā analīze - Atvērtu atbilžu kodēšana - Tematiskā analīze - Datu triangulācija Dažādu datu avotu un metožu savstarpēji salīdzināšana un integrācija - Ierobežojumu izvērtēšana Metodoloģisko un kontekstuālo ierobežojumu izvērtēšana - Datu interpretācija Metodoloģiskā un kontekstuālā interpretācija	- Mācību sasniegumu izvērtējums (IDD vs. NDD, SOLO analīze) - Mācību procesa un tā komponentu kvalitātes izvērtējums (atbilstoši IIM modelim) - Modeļa efektivitātes novērtēšana - Secinājumu formulēšana un ieteikumu izstrāde	- Pētījuma rezultātu apkopošana (tabulas, grafiki, apraksti) - Zinātnisko rezultātu izplatīšana (publikācijas, konferences, semināri) - Praktiskā izmantošana IIM procesa uzlabošanai un tālākai attīstībai - Atgriezeniskā saite un turpmāko pētījumu plānošana
PĒTĪJUMA PAMATPRINCIPI				
ĒTISKUMS Dalībnieku informēta piekrišana un datu konfidencialitāte	SISTĒMISKĀ PIEEJA Modelis – īstenošana – izvērtēšana – uzlabošana	TRIANGULĀCIJA Dažādu metožu un datu avotu izmantošana	CAURSPĪDĪBA Metodoloģijas un analīzes atklāti apraksts	PIELIETOJAMĪBA Rezultātu izmantošana mācību kvalitātes uzlabošanai
GALVENAIS IEGUVUMS				
Empīriski pamatots IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa efektivitātes izvērtējums, kas veido pamatu tā turpmākai pilnveidei.				

46. att. Empīriskā pētījuma dizains un IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa izvērtēšanas loģika. Avots - autore izstrādāts.

Kā redzams 46. attēlā, empīriskais pētījums tika organizēts vairākos secīgos un savstarpēji saistītos posmos. Pētījuma sākumā tika veikta ievaddiagnostika (IDD) un izglītojamo vajadzību analīze, kas nodrošināja nepieciešamo informāciju mācību procesa plānošanai un personalizēšanai. Mācību procesa laikā tika izmantoti mācību analītikas rīki

un veikts izglītojamo darbības monitorings, savukārt kursa noslēgumā tika veikta nobeiguma diagnostika (NDD), aptaujas un fokusgrupu intervijas. Iegūtie dati tika analizēti, izmantojot aprakstošās un inferenciālās statistikas metodes, *SOLO* līmeņu analīzi, pāreju matricas un korelāciju analīzi. Rezultātu triangulācija nodrošināja iespēju izvērtēt IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa efektivitāti un formulēt secinājumus par tā ietekmi uz izglītojamo kognitīvajiem mācību sasniegumiem.

Pirmajā apakšnodaļā “Izglītojamo raksturojums un izglītojamo vajadzību un motivējošo faktoru analīze” analizēts IIM kursu dalībnieku profils un faktori, kas nosaka nepieciešamību pēc izlīdzinošām mācībām. Pētījuma izlasi veido 620 RTU sagatavošanas kursu dalībnieki. Izglītojamo grupa ir heterogēna gan vecuma (17–35 gadi), gan iepriekšējās sagatavotības un motivācijas ziņā (Lieģeniece, 2008; Childs & de Witt, 2014).

Šāda heterogenitāte atspoguļojas arī izglītojamo kognitīvās izpratnes līmeņos, kas būtiski ietekmē mācību procesa organizāciju. Šo aspektu iespējams analizēt, izmantojot *SOLO* un Blūma taksonomiju, kas ļauj diferencēt izpratnes dziļumu – no fragmentāras zināšanu reprodukcijas līdz konceptuālai izpratnei (Biggs & Collis, 1982; Anderson & Krathwohl., 2001). Mācīšanās tiek interpretēta kā individuāli organizēts process, kurā būtiska nozīme ir pašregulācijas mehānismiem (Boekaerts, 1999; Panadero, 2017). Motivācija un mērķtiecība būtiski ietekmē mācību rezultātus (Hattie, 2009; Brown et al., 2015). Mūsdienu pētījumi uzsver datu analīzes nozīmi personalizētā mācīšanās procesā (Ifenthaler & Yau, 2020) un nodrošina adaptīvu mācību satura pielāgošanu izglītojamo individuālajam progresam (Zawacki-Richter et al., 2023).

Izglītojamo vajadzību analīze veikta, izmantojot aptauju un fokusgrupu datus, identificējot faktorus, kas ietekmē mācīšanās iespējas un iesaisti (Harvey & Green, 1993).

Otrajā apakšnodaļā “Diagnosticējošo darbu izstrādes un aprobācijas analīze” analizēta diagnosticējošo darbu (DD) izstrāde un aprobācija IIM procesā. Diagnosticējošā vērtēšana tiek izmantota, lai noteiktu izglītojamo sākotnējo zināšanu līmeni un nodrošinātu diferencētu mācību procesu (Harlen & James, 1997; Wiliam, 2011). Diagnostika tika veikta vairākos posmos: kursa sākumā (IDD), mācību procesa laikā un noslēgumā (NDD), kas ļauj analizēt izglītojamo attīstības dinamiku.

Diagnosticējošie darbi tika izstrādāti, balstoties uz kognitīvo līmeņu pieeju, aptverot dažādus Blūma taksonomijas līmeņus – no zināšanu reproducēšanas līdz analīzei un

pielietošanai (*Anderson & Krathwohl., 2001*). Vienlaikus *SOLO* taksonomija tiek izmantota izpratnes kvalitātes izvērtēšanai (*Biggs & Collis, 1982*). Šāda pieeja nodrošina iespēju ne tikai noteikt zināšanu līmeni, bet arī analizēt izglītojamo izpratnes struktūru, kas ir būtiski personalizēta mācību procesa organizēšanā (*Hattie, 2009; Wiliam, 2011*).

Trešajā apakšnodaļā “Izglītojamo mācību sasniegumu monitorings” analizēts mācību sasniegumu monitorings kā būtisks IIM procesa elements. Monitoringa mērķis ir iegūt ticamus datus par izglītojamo progresu un identificēt mācību rezultātu ietekmējošos faktorus. Analīze veikta dažādos mācību posmos (IDD un NDD), izvērtējot izglītojamo attīstības dinamiku atbilstoši izglītības standartiem (Valsts izglītības satura centrs, 2017, 2019).

Monitorings tiek interpretēts kā instruments mācību procesa pilnveidei, nodrošinot iespēju savlaicīgi pielāgot mācību pieeju (*Hattie, 2009*). Sasniegumu analīze tiek veikta arī kognitīvo līmeņu kontekstā: *SOLO* taksonomija ļauj izvērtēt izpratnes dziļumu, bet Blūma taksonomija – domāšanas prasmju attīstību (*Biggs & Collis, 1982; Anderson & Krathwohl., 2001*). Papildus tradicionālajai pieejai mācību analītikas rīki ļauj analizēt mācīšanās procesus un prognozēt izglītojamo progresu (*Ifenthaler & Yau, 2020; Zawacki-Richter et al., 2023*).

Ceturtajā apakšnodaļā “Pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa efektivitātes novērtēšana” analizēta izstrādātā IIM e-ekosistēmas modeļa efektivitāte. Efektivitāte tiek interpretēta kā komplekss rādītājs, kas ietver mācību rezultātus, procesa kvalitāti un atbilstību izglītojamo vajadzībām (*Harvey & Green, 1993*). Efektivitātes novērtēšanā ņemti vērā trīs galvenie aspekti: izglītojamo vajadzību apmierinātība, mācību procesa atbilstība izvirzītajiem mērķiem un mācību sasniegumu pieaugums.

Rezultāti liecina, ka personalizēta un datos balstīta pieeja būtiski uzlabo mācību kvalitāti un izglītojamo sasniegumus (*Hattie, 2009; Panadero, 2017*). Jaunākie pētījumi apliecina, ka mācību analītikas rīku integrācija paplašina mācību procesa pielāgošanas iespējas un veicina efektivitāti digitālajās mācību vidēs (*Ifenthaler & Yau, 2020; Zawacki-Richter et al., 2023*).

Empīriskā pētījuma rezultāti apliecina, ka izstrādātais modelis sekmē personalizēta un datos balstīta mācību procesa īstenošanu, kas atbilst mūsdienu izglītības attīstības tendencēm.

3.1. Izglītojamo raksturojums un izglītojamo vajadzību un motivējošo faktoru analīze

Šīs apakšnodaļas mērķis ir raksturot IIM mērķa auditoriju un identificēt tās mācību vajadzības. IIM procesa efektivitātes nodrošināšanai būtiska ir informācija par katra izglītojamā pieredzi, vajadzībām un mācīšanās priekšnosacījumiem.

Kā tika minēts pirmajā un otrajā nodaļā, mācību vajadzību analīzei tika veikti statusa un sociālo attieksmju mērījumi, lai identificētu faktorus, kuri ietekmē izglītojamo motivāciju, iesaisti un iespējas apgūt zināšanas IIM ietvaros. Nozīmīgs aspekts IIM pedagoģiskā procesa izvērtēšanā ir izglītojamo kā pakalpojuma saņēmēju vajadzību un gaidu analīze.

3.1.1. IIM mērķauditorijas raksturojums

Pētījuma empīrisko bāzi veido 620 RTU intensīvo sagatavošanas kursu dalībnieki. Šie četru mēnešu kursi ir vērsti uz vidusskolas fizikas mācību satura sistematizēšanu un atkārtošanu. IIM dalībnieku grupa ir nevienmērīga – tajā ietilpst gan jaunieši vecumā no 17 līdz 25 gadiem, gan pieaugušie līdz 35 gadu vecumam un vecāki izglītojamie, kuri izglītību ieguvuši pirms vairākiem gadiem. Izglītojamo atšķirības izpaužas motivācijā, iepriekšējā sagatavotībā, izglītības pieredzē, valodas prasmēs un psiholoģiskajos aspektos, kas ir būtiski pašregulētas mācīšanās kontekstā (Boekaerts, 1999; du Plooy et al., 2024).

Šāds heterogēns dalībnieku sastāvs ir raksturīgs pieaugušo izglītības videi, kur nozīmīga ir iepriekšējā pieredze, pašvadīta mācīšanās un zināšanu praktiska pielietojamība (Knowles et al., 2015). Mūsdienu pētījumi uzsver, ka izglītojamo iesaiste un mācību efektivitāte digitālajās un kombinētajās mācību vidēs ir cieši saistīta ar personalizētu pieeju un tehnoloģiju jēgpilnu integrāciju (Bond et al., 2020). Tādēļ individuālo vajadzību apzināšana ir viens no būtiskākajiem priekšnosacījumiem efektīvam IIM procesam (Boekaerts, 1999; Bayly-Castaneda et al., 2024; du Plooy et al., 2024). Turklāt heterogēnās grupās būtiska kļūst ne tikai sākotnējo zināšanu diagnostika, bet arī izglītojamo motivācijas, iepriekšējās pieredzes un mācīšanās stratēģiju izpratne, jo šie faktori tieši ietekmē mācību procesa individualizācijas iespējas.

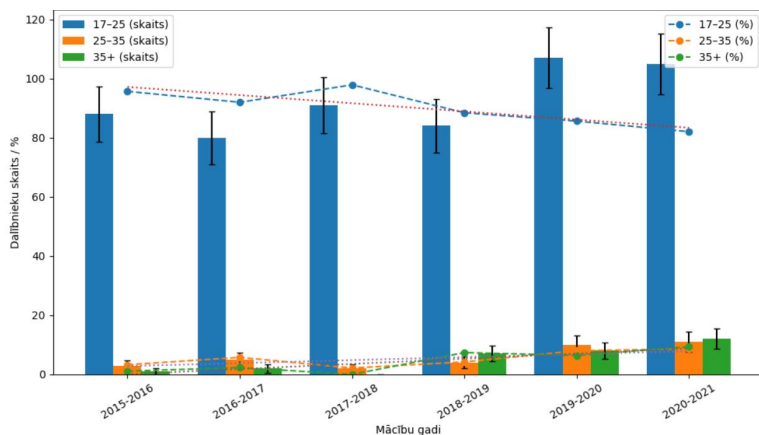
Izglītojamo vajadzību un motivācijas izpētei tika izstrādātas anketas dažādām mērķgrupām (piem., skolēniem no dažādām mācību valodām, tehnikumu audzēkņiem, personām ar pārtraukumu izglītībā u. c.; skat. promocijas darba pielikumu), lai noskaidrotu

faktorus, kas ietekmē izvēli apmeklēt intensīvās izlīdzinošās mācības RTU sagatavošanas kursos, neraugoties uz to salīdzinoši augstajām izmaksām. Analīze liecina, ka mācīšanās motivāciju ietekmējošie faktori būtiski nosaka dalībnieku izvēli.

Izglītojamo skaits IIM kursu grupās ir mainīgs, ko ietekmē gan vispārējās vidējās izglītības sistēmas procesi, gan darba tirgus dinamika. Pēdējos gados novērojama tendence, ka IIM procesā arvien biežāk iesaistās personas, kuras izglītību ieguvušas agrāk un plāno studijas tehniskajās augstskolās vai profesionālās darbības maiņu. 47. attēlā sniegts sešu mācību gadu pārskats par dalībnieku skaitu, vecuma struktūru un dzimumu sadalījumu. Analizēti dati par izglītojamo sadalījumu pēc skolu tipa, urbanizācijas pakāpes, kā arī vajadzību un motivējošo faktoru analīzes rezultāti. Analīze rāda stabilu tendenci – lielāko īpatsvaru veido izglītojamie no mazākumtautību skolām un Rīgas reģiona, ko var skaidrot ar demogrāfisko un ekonomisko faktoru koncentrāciju galvaspilsētā, kā arī ar lielāku potenciālo IIM dalībnieku koncentrāciju tehnikumos un vidusskolās.

Veiktais IIM mērķa auditorijas daudzdimensionālais raksturojums, integrējot motivācijas, pieredzes un izglītības faktorus, nodrošina pamatu personalizēta un datos balstīta mācību procesa organizēšanai, kas ļauj adaptīvi pielāgot pedagoģiskos risinājumus neviendabīgai izglītojamo grupai intensīvajās izlīdzinošajās mācībās.

Lai raksturotu IIM kursu dalībnieku struktūras dinamiku, analizēti sešu mācību gadu dati par dalībnieku skaitu un sadalījumu pa vecumgrupām. Šāda analīze ļauj izvērtēt izmaiņas mērķauditorijas sastāvā un identificēt tendences, kas jāņem vērā, pilnveidojot IIM pedagoģiskā procesa organizāciju.



47. att. IIM procesā iesaistīto izglītojamo skaita salīdzinājums pa gadiem un vecumgrupu dinamika. Avots – autores apkopojums.

47. attēlā stabi attēlo dalībnieku skaitu pa vecumgrupām, savukārt pārtrauktās līnijas – attiecīgo vecumgrupu īpatsvaru procentos. Krāsu kodējums ir vienots visā attēlā: zils – 17–25 gadi, oranžs – 25–35 gadi, zaļš – 35+ gadi. Regresijas analīze un nenoteiktības intervāli liecina, ka, neskatoties uz jaunākās vecumgrupas dominējošo īpatsvaru, vērojama statistiski stabila tendence pieaugt vecāko izglītojamo īpatsvaram. Šī tendence apliecina IIM procesa paplašināšanos pieaugušo izglītības un profesionālās pārorientācijas kontekstā un norāda uz nepieciešamību nodrošināt arvien elastīgākus un personalizētākus mācību risinājumus dažādām izglītojamo grupām.

Lai gan jaunākā vecumgrupa saglabā dominējošu īpatsvaru visā pētījuma periodā, novērotā tendence norāda uz pakāpenisku pieaugušo izglītojamo skaita pieaugumu, kas paplašina IIM pielietojumu ārpus tradicionālās pārejas posma vidusskola–augstskola.

48. attēlā attēlots IIMursos iesaistīto izglītojamo sadalījums pēc izglītības iestāžu tipa, kas raksturo mērķauditorijas nevienādīgumu un iepriekšējās izglītības pieredzes daudzveidību. Pilns izmantotās anketas jautājumu saraksts un atbilžu struktūra sniegta 7. pielikumā. Diagramma atspoguļo IIMkursu dalībnieku sadalījumu pēc izglītības pieredzes un izcelsmes, kas ļauj identificēt būtiskus heterogenitātes aspektus. Lielāko daļu veido jaunieši no mazākumtautību skolām (54%), kam seko tehnikumu studenti (20%). Divas līdzīgas grupas (katra 12%) veido jaunieši no skolām ar latviešu mācību valodu un personas, kas izglītību ieguvušas pirms vairākiem gadiem.



48. att. IIMkursu dalībnieku sadalījums pēc iepriekšējās izglītības pieredzes un izglītības iestāžu tipa (N = 620). Avots - autores veiktais apkopojums.

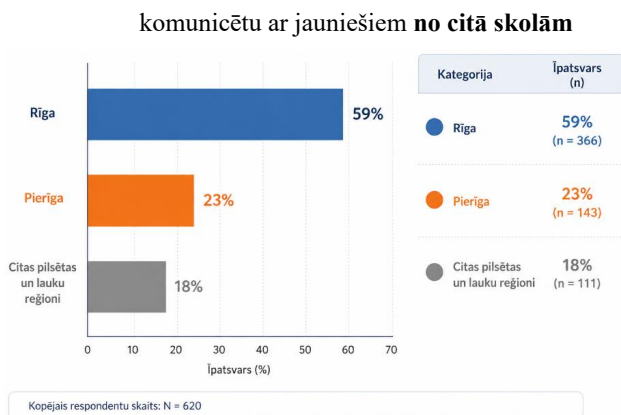
Šīs grupas atšķiras pēc iepriekšējās izglītības pieredzes, mācību vides un sagatavotības, kas var ietekmēt kognitīvās izpratnes līmeni, mācīšanās stratēģijas un mācību procesa organizāciju. Nozīmīgas ir arī atšķirības valodas kompetencē, teorētiskajā sagatavotībā un iepriekšējās izglītības pārtraukuma ilgumā, kas jāņem vērā, plānojot

personalizētus mācību scenārijus. Kopumā iegūtie dati apliecina, ka izglītojamo grupa aptver visus *SOLO* un Blūma taksonomiju līmeņus – no zemākajiem līdz augstākajiem, savukārt detalizēta kognitīvo līmeņu analīze sniegta 3.2. apakšnodaļā.

Iegūtie rezultāti liecina, ka šāda heterogenitāte nosaka nepieciešamību pēc diferencētas un personalizētas mācību pieejas, kur mācību process tiek organizēts kā pāreja no fragmentāras uz konceptuālu izpratni. Šī pieeja saskan ar mūsdienu pētījumiem, kas uzsver personalizētas mācīšanās nozīmi un adaptīvu mācību vidi kā būtisku faktoru izglītojamo izzīņas attīstībā (Zawacki-Richter *et al.*, 2023).

Pētījuma rezultāti liecina, ka IIM kursu dalībnieku ģeogrāfiskais sadalījums ir izteikti koncentrēts Rīgā, vienlaikus saglabājot būtisku reģionālo pārklājumu. Vairāk nekā puse izglītojamo (59%) dzīvo Rīgā, kas norāda uz galvaspilsētas dominējošo lomu IIM kursu mērķauditorijas piesaistē un augstu pieprasījumu urbanizētā vidē. Tajā pašā laikā 23% dalībnieku nāk no Pierīgas novadiem, kas veido nozīmīgu un aktīvu reģionālo segmentu, savukārt 18% izglītojamo pārstāv citas Latvijas pilsētas un lauku reģionus, apliecinot IIM pieejas sasniedzamību arī ārpus galvaspilsētas.

Lai raksturotu IIM kursu dalībnieku ģeogrāfisko izcelsmi un izvērtētu urbanizācijas ietekmi uz mērķauditorijas struktūru, analizēts izglītojamo sadalījums pēc dzīvesvietas reģiona (49. att.). Šāda analīze ļauj novērtēt IIM pieejas sasniedzamību dažādām izglītojamo grupām Latvijas teritorijā.



49. att. IIM kursu dalībnieku sadalījums pēc urbanizācijas pakāpes. Avots: autores veiktais apkopojums.

Iegūtie rezultāti pamato nepieciešamību pēc elastīgas, personalizētas un digitāli atbalstītas mācību vides, kas integrē kombinētās mācīšanās risinājumus. Tas ir īpaši svarīgi izglītojamo grupām ārpus Rīgas, kur piekļuve tradicionālajiem mācību resursiem var būt ierobežotāka. Līdz ar to IIM e-ekosistēmas modelis nodrošina efektīvu risinājumu mācību pieejamības paplašināšanai visā Latvijas teritorijā un veicina vienlīdzīgākas izglītības iespējas.

3.1.2. Izglītojamo vajadzību un motivējošo faktoru analīze

Lai pilnveidotu intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) procesu un nodrošinātu tā atbilstību izglītojamo vajadzībām, tika veikta izglītojamo motivācijas un mācību vajadzību izpēte. Aptaujas mērķis bija identificēt faktorus, kas nosaka dalībnieku izvēli iesaistīties IIMursos, kā arī noskaidrot galvenās grūtības fizikas apgūvē un nepieciešamo pedagoģisko atbalstu. Pilns izmantotās anketas jautājumu saraksts sniegts 7. pielikumā.

Analīze parādīja, ka IIM kursu izvēli nosaka dažādi motivējošie faktori, kas cieši saistīti ar izglītojamo iepriekšējo izglītības pieredzi, mācību vidi un turpmākajiem izglītības mērķiem. Daļai izglītojamo būtiskākā motivācija ir fizikas terminoloģijas apguve latviešu valodā, savukārt citiem svarīga ir zināšanu sistematizēšana, atkārtošana vai sagatavošanās turpmākajām studijām. Šo motivējošo faktoru sadalījums apkopots 13. tabulā. Iegūtie rezultāti apliecina, ka IIM kursu dalībnieku motivācija nav vienvērtīga. Motivācijas faktori ir saistīti gan ar izglītības sistēmas strukturālajiem aspektiem (piemēram, atšķirībām mācību valodā vai iepriekšējās izglītības kvalitātē), gan ar individuāliem faktoriem, piemēram, nepieciešamību kompensēt zināšanu trūkumus pēc ilgstošas prombūtnes vai pārtraukuma izglītībā. Tas apstiprina, ka vienota mācību pieeja nav pietiekama, lai efektīvi nodrošinātu visu izglītojamo vajadzības.

Izglītojamo atbilžu apkopojums (autores apkopojums)

N.p.k.	Izvēlos mācīties, jo ...	Procenti	Īpatsvars
1.	gribu (man ir nepieciešams) iemācīties/labāk iemācīties/precīzi iemācīties jēdzienus latviešu valodā, lai varētu sekmīgi studēt augstskolā Latvijā, iepazītos ar citu mācīšanas stilu/ komunikētu ar jauniešiem no citām skolām	53%	izglītojamie no mazākumtautību skolām
2.	gribu atkārtot mācību vielu /iegūt kopsavilkumu par vidusskolas fizikas kursu/ lai sekmīgi nokārtotu fizikas CE	23%	tehnikumu studenti, jaunieši, kuri skolu pabeiguši pirms dažiem gadiem
3.	lai redzētu, kā mācības notiek citā vidē/iepazītos ar citu mācīšanas stilu	10%	jaunieši, kuri skolu pabeiguši pirms dažiem gadiem
4.	gribu apgūt mācību vielu, ko nevarēju apgūt, jo biju ilgstošā prombūtnē (mācības ārzemēs, slimība, sports, citi)	8%	jaunieši, kuri skolu pabeiguši pirms dažiem gadiem
5.	atsvaidzināt zināšanas/ skolā nebija fizikas skolotāja/ bieži nenotika fizikas stundas/...	6%	Jaunieši no skolām ar latviešu mācību valodu

Papildus motivācijas faktoru analīzei tika izvērtētas arī būtiskākās mērķauditorijas raksturiezīmes, kas ietekmē mācību procesa organizāciju. Analīzē tika ņemta vērā izglītojamo heterogenitāte, pieprasījuma dinamika, pieaugušo izglītojamo iesaiste un dominējošie motivācijas modeļi dažādās izglītojamo grupās. Šāda strukturēta pieeja ļauj identificēt būtiskākos faktorus, kas jāņem vērā, plānojot personalizētu mācību procesu un izvēloties atbilstošus pedagoģiskos risinājumus. Motivācijas faktoru un mērķauditorijas raksturojuma strukturēts apkopojums sniegts 14. tabulā.

IIM motivācijas analīze (strukturēta tabula, autores apkopojums).

Kategorija	Saturs
Dominējošais faktors (53%)	Fizikas terminoloģijas apguve latviešu valodā (mazākumtautību skolēni)
23%	Satura sistematizēšana un atkārtošana (tehnikumu studenti, ar pārtraukumiem)
10%	Alternatīvas mācību vides iepazīšana
8%	Mācību satura kompensēšana pēc prombūtnes
6%	Zināšanu atsvaidzināšana
Pieprasījums	Izglītojamo skaita pieaugums (~30%)
Heterogenitāte	Vecums 17–35, dažāda pieredze un motivācija
Dzimumu proporcija	Sievietes ~32,5%
Pieaugušo iesaiste	Pieaug atgriešanās izglītībā
Motivācija grupās	Mazākumtautību – terminoloģija; tehnikumi – struktūra; pieaugušie – atkārtošana
Secinājums	Nepieciešams diferencēts un personalizēts mācību process

Tabulā apkopotie rezultāti apliecina izglītojamo mērķauditorijas heterogenitāti un dažādos motivācijas aspektus, kas nosaka nepieciešamību pēc diferencēta un personalizēta mācību procesa. Īpaši nozīmīgas ir atšķirības starp izglītojamo grupām pēc iepriekšējās izglītības pieredzes, mācību valodas un mācību pārtraukuma ilguma. Šie faktori ietekmē gan mācību vajadzības, gan optimālās mācību stratēģijas.

Iegūtie rezultāti pamato nepieciešamību organizēt mācību procesu kā adaptīvu un datus balstītu sistēmu, kurā iespējams diferencēt mācību saturu, tempu un atbalsta pasākumus atbilstoši izglītojamo individuālajām vajadzībām. Šāda pieeja atbilst IIM e-ekosistēmas modeļa pamatprincipiem un nodrošina priekšnosacījumus efektīvai zināšanu un prasmju pilnveidei heterogēnā izglītojamo grupā.

3.2. Diagnosticējošo testu un uzdevumu izstrādes un aprobācijas analīze

Diagnosticējošo testu un uzdevumu izstrādes un aprobācijas process tika īstenots, balstoties uz pētījuma pirmajā un otrajā nodaļā izklāstītajiem teorētiskajiem un metodoloģiskajiem principiem, kas ietver formatīvās vērtēšanas, diagnostikas un mācību kvalitātes izvērtēšanas pieejas (Harlen & James, 1997; Hahele & Cābelis, 2008; Geske &

Grīnfelds, 2010; Daukila & Kasperīniece, 2014). Atbilstoši intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) pieejai diagnostikas sistēma tika veidota kā individualizēts instruments, kas nodrošina katram izglītojamajam pielāgotu uzdevumu kopu atbilstoši viņa aktuālajam zināšanu un prasmju līmenim.

Pētījuma mērķis bija izstrādāt un empīriski validēt standartizētu diagnosticējošo darbu (DD) komplektu, kas balstīts uz statistiski pamatotiem uzdevumiem un nodrošina izglītojamo diferenciaciju atbilstoši viņu izziņas līmenim. Lai sasniegtu izvirzīto mērķi, tika izstrādāti dažādas grūtības pakāpes diagnostikas uzdevumi, veikta to aprobācija reālajā mācību vidē, analizēta uzdevumu kvalitāte, izmantojot klasisko testu teoriju, un atlasīti statistiski derīgi uzdevumi diagnostikas darbu komplektēšanai.

Pētījums tika īstenots kā empīrisks dizaina pētījums laika posmā no 2014. gada janvāra līdz 2017. gada oktobrim. Diagnostikas darbu izstrādē tika ievērotas pētījuma īstenošanas laikā spēkā esošā valsts vispārējās vidējās izglītības standarta prasības (Ministru kabinets, 2019, 2021), kā arī *SOLO* taksonomijas (Biggs & Collis, 1982; Biggs & Tang, 2011) un pārskatītās Blūma taksonomijas (Anderson & Krathwohl, 2001) principi.

Aprobācijai tika izstrādāti 2400 dažādas grūtības pakāpes uzdevumi. Pētījumā tika iesaistīti RTU intensīvo izlīdzinošo kursu dalībnieki ($N = 63$), Latvijas vispārējās vidējās izglītības iestāžu 12. klases izglītojamie ($N = 120$) un seši fizikas skolotāji no dažāda tipa izglītības iestādēm. Papildus pētījuma ietvaros veiktajai aprobācijai diagnostikas uzdevumu ārējā validācija tika īstenota sadarbībā ar izdevniecību Zvaigzne ABC, iesaistot 41 fizikas skolotāju un 820 izglītojamos no dažādām Latvijas izglītības iestādēm. Iegūtie rezultāti tika izmantoti uzdevumu kvalitātes izvērtēšanai, statistiskajai analīzei un uzdevumu bankas pilnveidei (skat. 2. pielikumu).

Diagnostikas darbu aprobācija tika organizēta digitālajā vidē *Cloubi Cloud*, kas nodrošināja uzdevumu administrēšanu, datu uzkrāšanu, uzglabāšanu, rezultātu apstrādi un individuālu atgriezenisko saiti. Vide nodrošināja arī izglītojamo darbību uzskaiti, individuālo un grupu rezultātu analīzi, kā arī mācību analītikas rīkus, kas ļāva sistemātiski uzkrāt datus diagnostikas uzdevumu validācijai. Platformas izvēli noteica tās iespējas apvienot interaktīvu uzdevumu administrēšanu, automatizētu vērtēšanu un detalizētu mācību analītiku vienotā digitālā vidē (Ubiikki Oy, 2017). Šāda pieeja atbilst mācību analītikas pamatprincipiem, kas paredz izglītojamo darbību datu izmantošanu mācību

procesa pilnveidei, mācību sasniegumu monitorēšanai un datus balstītu pedagoģisko lēmumu pieņemšanai (MacNeill et al., 2014; Fulantelli et al., 2014).

Diagnosticas uzdevumu kvalitātes izvērtēšanai tika izmantota klasiskā testu teorija (*Classical Test Theory* – CTT), kas ļauj noteikt uzdevumu grūtības pakāpi, izšķirtspēju un uzticamību (Lord & Novick, 1968; Crocker & Algina, 1986). Šī pieeja ir īpaši piemērota diagnostikas instrumentu izstrādei un validācijai, jo nodrošina statistiski pamatotu informāciju par katra uzdevuma spēju diferencēt izglītojamos ar atšķirīgu sasniegumu līmeni, kā arī ļauj atlasīt uzdevumus, kas visprecīzāk raksturo izglītojamo zināšanas un prasmes (Crocker & Algina, 1986; Haladyna & Rodriguez, 2013).

Uzdevumu grūtības pakāpe tika noteikta kā pareizo atbilžu īpatsvars, savukārt izšķirtspēja – salīdzinot augstāko un zemāko snieguma grupu rezultātus (20 %–20 %) (Betels, 2002). Par kvalitatīviem uzdevumiem tika uzskatīti tie, kuru izšķirtspējas koeficients pārsniedza 0,4, savukārt uzdevumi ar zemu vai negatīvu izšķirtspēju tika izslēgti no turpmākās izmantošanas (Betels, 2003). Papildus tika analizēti centrālās tendences rādītāji (moda, mediāna, aritmētiskais vidējais), izkļedes rādītāji (standartnovirze, amplitūda) un korelācijas koeficienti, kas raksturo rezultātu sadalījumu un savstarpējās saistības. Datu apstrādei tika izmantotas programmas *MS Excel* un *ITEMAN™ for Windows*. Pētījuma mērķis bija noteikt uzdevumu grūtības pakāpi, izšķirtspēju un ticamību, kā arī atlasīt statistiski kvalitatīvus uzdevumus diagnostikas darbu komplektēšanai, tāpēc tika izmantota Programmatūra *ITEMAN™*. *ITEMAN* ir specializēta klasiskās testu teorijas programmatūra, kas plaši izmantota izglītības mērījumu praksē uzdevumu un testu psihometriskajai analīzei. Tā nodrošina detalizētus uzdevumu statistikas rādītājus, kas nepieciešami diagnostikas instrumentu validācijai un uzdevumu banku izveidei. Ņemot vērā pētījuma mērķi un uzdevumus, klasiskās testu teorijas pieeja bija pietiekama diagnostikas uzdevumu kvalitātes izvērtēšanai, savukārt *IRT* pieeju izmantošana būtu uzskatāma par iespējamu turpmāko pētījumu virzienu.

Lai nodrošinātu diagnostikas instrumentu izmantošanas ticamību dažādās mācību vidēs, pētījuma gaitā tika veikta Latvijā īstenoto Valsts diagnosticējošo darbu fizikā rezultātu analīze un īstenots pedagoģisks eksperiments, kurā identisks diagnosticējošais darbs tika realizēts gan papīra formātā, gan tiešsaistes vidē. Analīzes rezultāti parādīja, ka uzdevuma forma, formulējums un izpildes vide var ietekmēt izglītojamo sniegumu, izpildes laiku un izmantotās kognitīvās stratēģijas. Tika identificētas atšķirības uzdevumu

formulējumā, vizuālajā noformējumā un uztveres specifikā, kas ietekmē izglītojamo sniegumu dažādos izpildes formātos. Iegūtie rezultāti tika izmantoti diagnostikas uzdevumu dizaina pilnveidē un vēlāk intensīvo izlīdzinošo mācību satura izstrādē. Minētā pētījuma rezultāti pēc validācijas pabeigšanas tika publicēti autores zinātniskajā publikācijā (Juškaite, 2019a).

Pētījuma rezultātā no 2400 izstrādātajiem uzdevumiem 2006 tika atzīti par statistiski derīgiem un iekļauti strukturētā diagnostikas uzdevumu bankā. Savukārt 394 uzdevumi netika iekļauti gala uzdevumu bankā, jo to izšķirtspējas rādītāji neatbilda noteiktajiem kvalitātes kritērijiem vai tika konstatētas nepilnības uzdevumu formulējumā un izpildes statistikā. Izveidotā uzdevumu banka nodrošināja validētu instrumentu kopumu izglītojamo zināšanu, prasmju un izziņas līmeņu diagnostikai. Vēlāk validētā uzdevumu banka tika integrēta intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) diagnostikas sistēmā, nodrošinot izglītojamo sākotnējā sagatavotības līmeņa noteikšanu, mācību progresa monitoringu un mācību procesa individualizāciju.

Pēc sākotnējās validācijas pabeigšanas diagnostikas darbi tika pilnveidoti un laika posmā no 2017. līdz 2021. gadam publicēti digitālā formā sadarbībā ar izdevniecību Zvaigzne ABC (Juškaite & Cābelis, 2017; Juškaite, 2018b; Juškaite & Cābelis, 2021). Tas nodrošināja plašāku diagnostikas instrumentu izmantošanu izglītības praksē un deva iespēju iegūt papildu aprobācijas pieredzi dažādās izglītības iestādēs.

Pētījuma gaitā iegūtie rezultāti tika prezentēti un apspriesti starptautiskajā zinātniskajā apritē, kā arī publicēti recenzētos zinātniskajos izdevumos (Juškaite, 2019a; Juškaite, 2019b; Juškaite, 2019c; Juškaite et al., 2019). Minētās publikācijas atspoguļo pētījuma laikā iegūtos rezultātus un sniedz papildu apliecinājumu izstrādātās diagnostikas sistēmas validātei, efektivitātei un praktiskajai piemērotībai.

Diagnostikas sistēma IIM modelī pilda vairākas funkcijas. Tā tiek izmantota ne tikai izglītojamo sākotnējā sagatavotības līmeņa noteikšanai, bet arī mācību progresa monitorēšanai un pedagoģisko lēmumu pieņemšanai visa kursa laikā. Tādējādi diagnostikas instrumenti veido būtisku IIM e-ekosistēmas sastāvdaļu, nodrošinot saikni starp izglītojamā komponenti, satura komponenti un mācību analītikas procesiem.

Lai sistemātiski raksturotu diagnostikas uzdevumu kvalitātes rādītāju saistību ar izziņas līmeņiem, turpmāk sniegta strukturēta tabula, kurā apkopota klasiskās testu teorijas

rādītāju interpretācija saistībā ar *SOLO* un Blūma taksonomijām. Tabula izstrādāta, balstoties uz pētījuma gaitā iegūtajiem empīriskajiem datiem un klasiskās testu teorijas principiem, vienlaikus nodrošinot atbilstību jaunākajām zinātniskajām atziņām par mācību sasniegumu diagnostiku, uzdevumu kvalitātes izvērtēšanu un izziņas līmeņu novērtēšanu (Kim, 2023; Kim, 2024; Zawacki-Richter et al., 2023).

15. tabula

CTT, *SOLO* un Blūma taksonomiju interpretācija IIM diagnostikas sistēmā

Kognitīvās darbības raksturojums	CTT (mērījums)	<i>SOLO</i> līmenis	Blūma līmenis
Zināšanu reproducēšana	Augsta grūtības pakāpe nav nepieciešama; diskriminācijas rādītājs tiek noteikts empīriski	Unistrukturāls	Atcerēšanās
Pamatzināšanu izpratne	Vidēja grūtības pakāpe; diskriminācijas rādītājs tiek noteikts empīriski	Multistrukturāls	Izpratne
Sakarību izpratne	Diskriminācijas rādītājs tiek noteikts empīriski; kvalitatīviem uzdevumiem $D > 0,4$	Relāciju	Analīze
Augstā līmeņa domāšana	Augstāka kognitīvā sarežģītība; diskriminācijas rādītājs tiek noteikts empīriski	Paplašināts abstrakts	Vērtēšana/ Radīšana

CTT grūtības pakāpes un diskriminācijas rādītāji raksturo uzdevumu psihometriskās īpašības, savukārt *SOLO* un Blūma taksonomijas – uzdevumu kognitīvo līmeni. CTT rādītāji paši par sevi nenosaka uzdevuma kognitīvo līmeni. Diagnostikas uzdevumu bankā tika iekļauti tikai pētījumā noteiktajiem psihometriskās kvalitātes kritērijiem atbilstoši uzdevumi.

Pētījuma rezultāti liecina, ka diagnostikas sistēma ir piemērota heterogēnu izglītojamo grupu vajadzībām IIM procesā. Autores ieguldījums izpaužas klasiskās testu teorijas, mācību analītikas un *SOLO* un Blūma taksonomiju kognitīvo līmeņu integrācijā vienotā diagnostikas sistēmā, kas pielāgota intensīvo izlīdzinošo mācību vajadzībām un nodrošina izglītojamo sasniegumu diagnostiku, mācību progressa monitoringu un mācību procesa individualizāciju (Crocker & Algina, 1986; Zawacki-Richter et al., 2023).

3.3. Izglītojamo mācību sasniegumu monitorings

Lai iegūtu objektīvus datus par izglītojamo zināšanām un prasmēm dažādos IIM procesa posmos, analizētu saistību starp mācību rezultātiem un IIM e-ekosistēmas komponentēm, kā arī plānotu mērķtiecīgus pedagoģiskos uzlabojumus, tika veikts sistemātisks mācību sasniegumu monitorings.

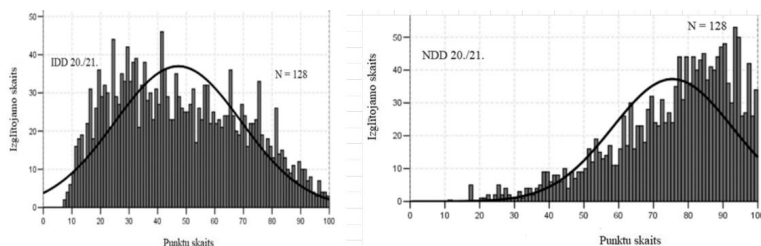
3.3.1. Izglītojamo mācību sasniegumu izvērtēšanas pamatprincipi

Mācību sasniegumu izvērtēšanai tika analizēti ievaddiagnostikas (IDD) un nobeiguma diagnostikas (NDD) rezultāti sešu mācību gadu griezumā (kopā N = 620). IDD ļauj noteikt izglītojamo sākotnējo zināšanu līmeni, savukārt NDD – novērtēt sasniegto progresu un atbilstību valsts izglītības standartam. Vērtēšanā tika izmantota trīs līmeņu pieeja: I – iegaumēšana un izpratne, II – zināšanu un prasmju lietošana, III – analīze un produktīvā darbība. Šī sistēma izstrādāta, balstoties uz *SOLO* taksonomijas principiem un pielāgota IIM diagnostikas vajadzībām. Tā neaptver visus *SOLO* taksonomijas līmeņus, bet nodrošina praktiski izmantojamu izglītojamo kognitīvās attīstības grupējumu diagnostikas un monitoringa vajadzībām. Vienlaikus izmantotā pieeja konceptuāli korelē arī ar pārskatīto Blūma taksonomiju, kas klasificē kognitīvos procesus no zemāka līmeņa zināšanu reproducēšanas līdz augstāka līmeņa analīzei un radīšanai (*Biggs & Collis, 1982; Biggs & Tang, 2011*). Šādas pieejas aktualitāti un izmantošanu mūsdienu digitālajā izglītībā apliecina arī jaunākie pētījumi (*Triana et al., 2023*).

Jāatzīmē, ka IIM kursi bija paredzēti izglītojamajiem, kuru ievaddiagnostikas rezultāti liecināja par nepieciešamību pilnveidot fizikas zināšanas un prasmes. Izglītojamajiem, kuri sākotnējā diagnostikā uzrādīja augstu sagatavotības līmeni un sasniedza augstākos izzīņas darbības līmeņus, tika rekomendētas alternatīvas mācību iespējas. Tādēļ šajā pētījumā analizētā izlase raksturo IIM mērķgrupu, nevis visus sākotnēji diagnosticētos izglītojamos.

DD rezultātu analīze ļauj identificēt individuālās mācīšanās vajadzības un pamatot diferencētu pedagoģisko atbalstu. IDD un NDD rezultātu salīdzinājums kalpo kā būtisks indikators IIM pedagoģiskā procesa rezultativitātes novērtēšanai. Pētījumā izveidotā un empīriski validētā diagnosticējošo darbu sistēma integrē klasisko testu teoriju, *SOLO* taksonomijas principus un mācību analītikas elementus, nodrošinot datu balstītu pieeju izglītojamo mācību progresa monitorēšanai un pedagoģiskā procesa pilnveidei.

2020./2021. mācību gadā pētījumā iesaistīto izglītojamo skaits bija $N = 128$. Lai raksturotu izglītojamo sākotnējo un gala sasniegumu sadalījumu, 50. attēlā apkopoti IDD un NDD rezultāti punktu skalā.



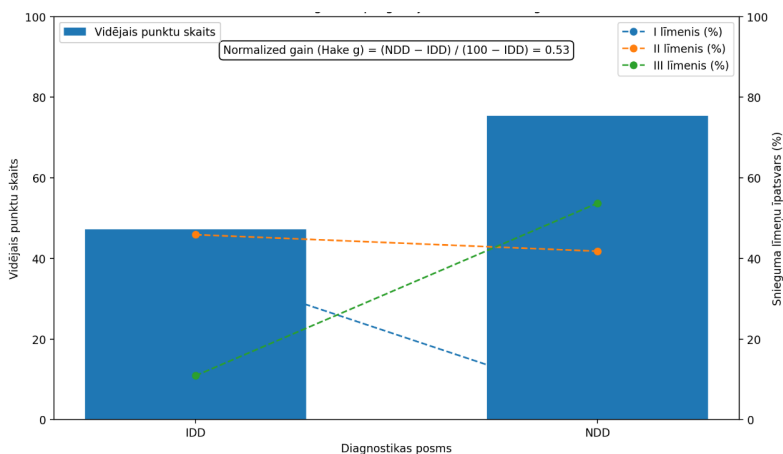
50. att. IDD un NDD izglītojamo sniegumu sadalījums pa punktiem 2020./2021. m. g. Avots: autore apkojums.

Ievaddiagnostikas (IDD) rezultātu analīze liecina, ka minimālo punktu sliekšni nesasniedza 5,5 % IIM kandidātu. Vidējais iegūto punktu skaits bija 47,2 punkti ($SD = 22,1$), savukārt maksimālais sasniegtais rezultāts bija 99 punkti no 100 iespējamajiem. Snieguma līmeņu sadalījums rāda, ka 10,9 % izglītojamo sasniedza III līmeni, 45,9 % – II līmeni, bet 37,7 % palika I līmenī.

Nobeiguma diagnostikas (NDD) rezultāti uzrāda būtisku sasniegumu pieaugumu. Minimālo punktu sliekšni sasniedza visi IIM kandidāti. Vidējais punktu skaits palielinājās līdz 75,4 punktiem ($SD = 17,2$), un tika sasniegts arī maksimālais iespējamais rezultāts – 100 punkti. Snieguma līmeņu sadalījums būtiski mainījās: 53,7 % izglītojamo sasniedza III līmeni, 41,8 % – II līmeni, bet tikai 4,5 % saglabājās I līmenī.

Lai raksturotu izglītojamo sasniegumu dinamiku mācību procesa laikā, tika izmantota mācīšanās līknes pieeja, kas balstās uz snieguma rādītāju salīdzinājumu mācību procesa sākumā un noslēgumā (Anzanello & Fogliatto, 2011). Šī pieeja nodrošina pamatu izglītojamo sasniegumu dinamikas kvantitatīvai novērtēšanai un joprojām ir aktuāla mācību sasniegumu monitoringa pētījumos.

DD un NDD rezultātu salīdzinājums liecina par būtisku izglītojamo mācību sasniegumu pieaugumu, kas interpretējams kā pozitīvs IIM pedagoģiskā procesa rezultativitātes indikators.



51. att. IIM rezultātu dinamika, kognitīvā progresija (snieguma pieaugums 2020./2021. m. g.).
Avots - autores apkopojums.

Attēlā apvienota izglītojamo sasniegumu kvantitatīvā dinamika un pāreja starp snieguma līmeņiem. Attēlā iekļautais normalizētā pieauguma koeficients (*Hake g*) raksturo mācību procesa rezultativitāti, salīdzinot faktiski sasniegto rezultātu pieaugumu ar maksimāli iespējamo pieaugumu konkrētajā izglītojamo grupā (*Hake*, 1998). Tā kā pētījums ir saistīts ar fizikas mācīšanos, mācību sasniegumu pieauguma raksturošanai tika izmantots normalizētā pieauguma koeficients (*Hake g*), kas ir viens no visbiežāk izmantotajiem efektivitātes rādītājiem fizikas izglītības pētījumos un ļauj salīdzināt dažādu izlašu sasniegumu dinamiku neatkarīgi no sākotnējā zināšanu līmeņa (*Hake*, 1998). Šis rādītājs ļauj objektīvāk novērtēt mācību procesa efektivitāti nekā vienkārša vidējo rezultātu starpība. Aprēķinātā *Hake g* vērtība liecina par pedagoģiski nozīmīgu sasniegumu pieaugumu analizētajā izlasē. Normalizētā pieauguma koeficients (*Hake g*) tika aprēķināts pēc formulas (*Hake*, 1998):

$$g = \frac{\bar{X}_{NDD} - \bar{X}_{IDD}}{100 - \bar{X}_{IDD}}$$

kur:

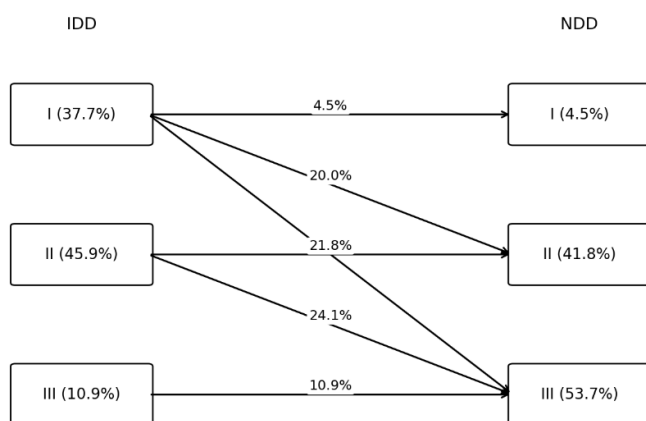
- g – normalizētā pieauguma koeficients;
- $\bar{X}_{IDD}$ – vidējais ievaddiagnostikas rezultāts (%);
- $\bar{X}_{NDD}$ – vidējais nobeiguma diagnostikas rezultāts (%);
- 100 – maksimāli iespējamais rezultāts.

Normalizētā pieauguma koeficients raksturo sasniegto mācību rezultātu pieaugumu attiecībā pret maksimāli iespējamo pieaugumu konkrētajā izglītojamo grupā un ļauj salīdzināt mācību procesa rezultativitāti dažādās izlasēs neatkarīgi no sākotnējā zināšanu līmeņa (*Hake*, 1998). Piemēram, 2020./2021. gada datiem konkrēts aprēķins:

$$g = \frac{75.4 - 47.2}{100 - 47.2} = \frac{28.2}{52.8} = 0.53$$

Aprēķinātā normalizētā pieauguma koeficienta vērtība bija $g = 0,53$, kas atbilst vidējam mācību sasniegumu pieaugumam pēc Hake klasifikācijas ($0,30 \leq g < 0,70$) (Hake, 1998).

Lai detalizētāk analizētu sasniegumu līmeņu izmaiņas, tika izmantota pāreju matricas princips balstīta vizualizācija. Tā ļauj raksturot izglītojamo pārejas starp I, II un III sasniegumu līmeni no ievaddiagnostikas uz nobeiguma diagnostiku un identificēt dominējošās mācīšanās trajektorijas.



52. att. IIM kognitīvās progresijas pāreju matricas vizualizācija (IDD → NDD) 2020./2021. m. g.
Avots - autores apkopojums.

Pāreju analīzē tika iekļauti tikai tie izglītojamie, kuriem bija pieejami gan ievaddiagnostikas (IDD), gan nobeiguma diagnostikas (NDD) rezultāti ($n = XX$). Tādēļ pāreju matricas procentuālais sadalījums var nedaudz atšķirties no kopējā IDD un NDD rezultātu sadalījuma, kas aprēķināts visai attiecīgā mācību gada izlasei ($N = 128$). Pāreju matricas princips balstītā vizualizācija atspoguļo izglītojamo virzību starp sasniegumu līmeņiem no ievaddiagnostikas (IDD) uz nobeiguma diagnostiku (NDD). Katra plūsma reprezentē noteiktas izglītojamo grupas pāreju no sākotnējā uz gala līmeni. Dominē pārejas no zemākiem uz augstākiem līmeņiem ($I \rightarrow II$, $I \rightarrow III$, $II \rightarrow III$), kas liecina par pozitīvu kognitīvās attīstības dinamiku. Vienlaikus novērojama arī daļēja līmeņa stabilitāte (piemēram, $II \rightarrow II$), kas norāda uz zināšanu nostiprināšanos. Regresīvas pārejas uz zemākiem līmeņiem ir minimālas.

Iegūtā rezultātu struktūra konceptuāli saskan ar *SOLO* taksonomijas principiem, kas raksturo virzību no virspusējas uz dziļāku izpratni, kā arī ar pārskatītās Blūma taksonomijas kognitīvo procesu hierarhiju, kur izglītojamie progresē no zināšanu reproducēšanas uz analīzi un problēmrisināšanu (Biggs & Tang, 2011). Šādu pieeju atbilstību mūsdienu digitālajai mācību videi apstiprina arī jaunākie pētījumi (Triana et al., 2023).

Papildus kvantitatīvajai analīzei korelācijas rezultāti parādīja statistiski nozīmīgu pozitīvu saistību starp virtuālo laboratoriju un e-studiju vides izmantošanu un izglītojamo pašvērtēto mācību mērķu sasniegšanu ($r = 0,31-0,44$; $p < 0,05$). Iegūtie korelācijas koeficienti raksturo vāju līdz vidēji stipru saistību un neļauj izdarīt secinājumus par cēloņsakarībām. Tomēr rezultāti norāda uz pozitīvu sakarību starp aktīvu digitālo mācību rīku izmantošanu un izglītojamo mācību pieredzi, kas saskan ar mācību analītikas un digitālās mācīšanās pētījumos novērotajām tendencēm.

IDD un NDD rezultātu salīdzināšana ir viens no būtiskākajiem rādītājiem, kas ļauj novērtēt pedagoģiskā procesa rezultativitāti IIM kontekstā. Promocijas darba ietvaros tika analizēti IDD un NDD rezultāti pa mācību gadiem, izmantojot trīs sasniegumu līmeņus: I – iegaumēšana un izpratne, II – zināšanu un prasmju lietošana, III – analīze un produktīvā darbība. Dati tika apstrādāti ar *ITEMAN™ for Windows*, kopumā analizējot 620 izglītojamo darbus.

Analizējot datus visos mācību gados (2015–2021), konstatētas stabilas tendences:

- IDD rezultātos dominē I un II līmenis, kas raksturo nepietiekami attīstītas augstāka līmeņa prasmes;
- NDD rezultātos būtiski pieaug III līmeni sasniegušo izglītojamo īpatsvars (aptuveni līdz 50–56 %), vienlaikus samazinoties I līmenim;
- vidējais rezultāts visos gadījumos pieaug (aptuveni no 45–48 līdz 63–76 punktiem);
- standartnovirze samazinās vai stabilizējas, kas liecina par vienmērīgāku zināšanu sadalījumu.

Detalizēti rezultāti pa mācību gadiem apkopoti 9. pielikumā. Salīdzinot IDD un NDD rezultātus, konstatēts sistemātisks mācību sasniegumu pieaugums visos analizētajos gados.

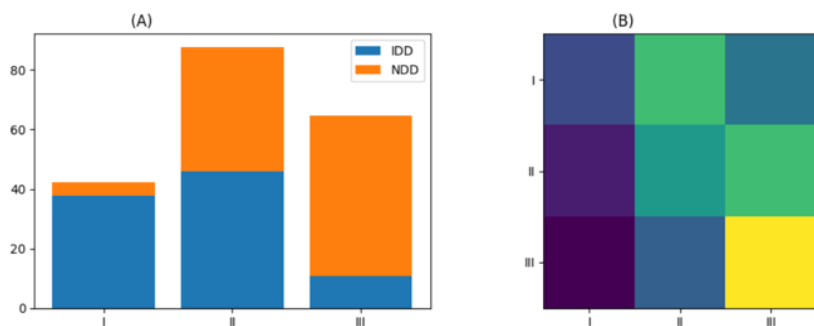
Interpretējot iegūtos rezultātus, jāņem vērā pētījuma ierobežojumi. Pētījumā izmantota ērtuma izlase, jo tajā piedalījās RTU IIM kursu dalībnieki, kuri kursiem pieteicās brīvprātīgi. Turklāt pētījuma dizains neparedzēja kontroles grupas izmantošanu. Tādēļ iegūtie rezultāti raksturo analizētās izglītojamo grupas attīstības tendences un IIM procesa potenciālo ieguldījumu, taču neļauj viennozīmīgi noteikt cēloņsakarības starp sasniegumu pieaugumu un atsevišķiem mācību procesa komponentiem. Šie ierobežojumi ir raksturīgi dizaina pētījumiem autentiskā izglītības vidē, kuru mērķis ir izstrādāt, pilnveidot un aprobēt pedagoģiskos risinājumus reālās mācību situācijās. Rezultāti kopumā liecina par pozitīvu izglītojamo mācību sasniegumu dinamiku un virzību uz augstākiem kognitīvās darbības līmeņiem, kas ir saskanīga ar IIM pedagoģiskā procesa teorētiskajiem principiem un izstrādātā e-ekosistēmas modeļa pamatnostādnēm.

3.3.2. Empīriskā pētījuma apkopojums

Analizējot iegūtos rezultātus un salīdzinot izglītojamo snieguma dinamiku starp ievaddiagnostiku (IDD) un nobeiguma diagnostiku (NDD), konstatēta pozitīva izglītojamo mācību sasniegumu dinamika. Iegūtie rezultāti liecina, ka savlaicīga mācību grūtību identificēšana un IIM procesa īstenošana analizētajā izlasē ir saistīta ar izglītojamo snieguma uzlabošanos.

Pētījumā analizētais dalībnieku skaits ļauj statistiski raksturot analizētās izlases zināšanu un prasmju līmeni, kā arī identificēt to stiprās un vājās puses fizikas satura apguvē. Vairāku mācību gadu datu salīdzinošā analīze, kā arī atsevišķu mācību satura aspektu izvērtējums liecina par konsekventu mācību sasniegumu pieaugumu pēc IIM kursa apguves.

Sasniegumu uzlabojums ir vizualizēts 53. attēlā, kur atspoguļota izglītojamo snieguma līmeņu pārdale no IDD uz NDD. Sasniegumu uzlabojums ir vizualizēts 53. attēlā, kur atspoguļota izglītojamo snieguma līmeņu pārdale no IDD uz NDD. Novērojama izteikta virzība no zemākiem uz augstākiem snieguma līmeņiem, kas raksturo pozitīvu izglītojamo kognitīvās attīstības dinamiku IIM procesa laikā. Iegūtie rezultāti liecina, ka IIM kursa īstenošanas laikā, ietverot savlaicīgu diagnostiku, adaptīvu mācību organizāciju un mērķtiecīgu e-studiju tehnoloģiju izmantošanu, analizētajā izlasē tika novērots būtisks mācību sasniegumu pieaugums.



53. att. Snieguma līmeņu sadalījums (A) un pāreju matrica (B) RTU intensīvajos izlīdzinošajos fizikasursos 2015./2016.–2020./2021. mācību gadā. Avots – autore apkojums.

Analizējot izglītojamo sasniegumu sadalījumu (A panelis), novērojama konsekventa pārdale no zemākajiem uz augstākiem sasniegumu līmeņiem pēc IIM kursa apguves. NDD rezultātos būtiski samazinās I līmeņa īpatsvars un pieaug III līmeņa īpatsvars, kas norāda uz izglītojamo kognitīvās darbības attīstību. Pāreju matrica (B panelis) detalizēti atklāj šo progresiju, demonstrējot, ka lielākā daļa izglītojamo pāriet no I un II līmeņa uz augstākiem līmeņiem, savukārt regresija uz zemākiem līmeņiem ir minimāla. Tas liecina par stabilu un strukturētu mācīšanās procesu.

Kombinētā analīze (sasniegumu sadalījums un pāreju matrica) apliecina, ka IIM pedagoģiskais process nodrošina ne tikai kvantitatīvu sasniegumu pieaugumu, bet arī kvalitatīvu izglītojamo pāreju uz augstākiem kognitīvās darbības līmeņiem, kas atbilst SOLO un Blūma taksonomiju augstākajām kategorijām (*Biggs & Tang, 2011*). Lai gan IDD un NDD uzdevumu izpildes rezultāti pa mācību gadiem nedaudz atšķiras (piemēram, 2019./2020. mācību gadā COVID-19 ietekmē novērojama atšķirīga pārejas dinamika no I uz II izziņas darbības līmeni, kā arī atšķirīgs to izglītojamo īpatsvars, kuri saglabājas II līmenī; sk. 16. tabulu), kopumā netika konstatētas statistiski nozīmīgas korelācijas, kas liecinātu, ka konkrētu prasmju vai mācību satura aspektu pārbaude dažādos gados būtu devusi būtiski atšķirīgus rezultātus.

16. tabula

Snieguma līmeņu virzība pa gadiem (salīdzināti IDD un NDD rezultāti)

Sasnieguma līmeņu virzība	2015./2016. m.g.	2016./2017. m.g.	2017./2018. m.g.	2018./2019. m.g.	2019./2020. m.g.	2020./2021. m.g.
I = I	3.3	7.1	5.1	10.1	15.6	4.5
I → II	39.2	30.2	28.0	34.4	19.1	30.3
I → III	2.7	3.2	3.5	2.3	2.3	2.4
II = II	8.1	22.5	7.0	24.1	31.1	11.4
II → III	40.2	25.7	45.6	24.8	20.5	40.5
III = III	6.5	11.3	10.8	4.3	11.4	10.9

Piezīme. Regresīvās pārejas uz zemāku sasniegumu līmeni analizētajos datos netika konstatētas, tādēļ tās tabulā nav attēlotas.

Izglītojamo sasniegumu līmeņu pāreju analīze liecina par konsekventu virzību uz augstākiem kognitīvās darbības līmeņiem visos analizētajos mācību gados. Regresīvās pārejas uz zemāku sasniegumu līmeni analizētajos datos netika konstatētas, kas kopumā apliecina IIM pedagoģiskā procesa efektivitāti un stabilitāti. Tabulas dati apliecina, ka lielākā daļa izglītojamo pāriet uz augstākiem sasniegumu līmeņiem, īpaši no I uz II un no II uz III līmeni, savukārt regresija uz zemākiem līmeņiem praktiski netiek novērota.

Lai detalizētāk raksturotu izglītojamo kognitīvās attīstības dinamiku IIM procesā, tika analizēts sasniegumu līmeņu sadalījums ievaddiagnostikā (IDD) un nobeiguma diagnostikā (NDD) pa mācību gadiem. Sasniegumu līmeņi noteikti atbilstoši promocijas darbā izmantotajai izziņas darbības līmeņu pieejai (I–III līmenis), kas balstīta *SOLO* taksonomijas principos un izmantota izglītojamo kognitīvo sasniegumu novērtēšanai (*Biggs & Tang, 2011*). Tabulā apkopots izglītojamo sadalījums pa sasniegumu līmeņiem pirms un pēc IIM kursa apguves sešu mācību gadu periodā.

17. tabula

IDD un NDD rezultātu kopsavilkums

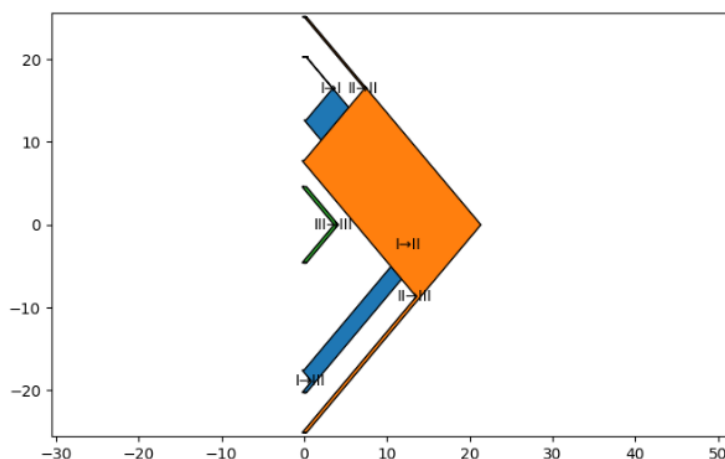
Mācību gads	IDD I	IDD II	IDD III	NDD I	NDD II	NDD III
2015./2016.	45,2	46,1	6,5	3,3	41,7	54,0
2016./2017.	40,4	46,0	11,3	7,1	54,2	38,7
2017./2018.	38,6	47,4	10,8	5,1	38,4	56,1
2018./2019.	45,4	47,4	4,3	10,1	58,9	31,0
2019./2020.	35,5	49,1	11,4	15,6	52,5	31,9
2020./2021.	37,7	45,9	10,9	4,5	41,8	53,7

Tabulā apkopotie dati liecina par konsekventu izglītojamo pāreju uz augstākiem sasniegumu līmeņiem visos analizētajos mācību gados. Pēc IIM kursa apguves būtiski samazinās I līmeņa izglītojamo īpatsvars un pieaug III līmeņa izglītojamo īpatsvars. Piemēram, 2015./2016. mācību gadā III līmeņa izglītojamo īpatsvars pieauga no 6,5 % līdz

54,0 %, savukārt 2020./2021. mācību gadā – no 10,9 % līdz 53,7 %. Vienlaikus I līmeņa izglītojamo īpatsvars samazinājās no 35,5–45,4 % ievaddiagnostikā līdz 3,3–15,6 % nobeiguma diagnostikā. Šāda sasniegumu līmeņu pārdale apliecina izglītojamo virzību no zināšanu reproducēšanas uz augstāka līmeņa izziņas darbībām, kas saistītas ar analīzi, sintēzi un problēmrisināšanu.

Lai padziļināti analizētu izglītojamo progresijas struktūru, turpmāk veikta pāreju matricas analīze, kas ļauj novērtēt ne tikai gala sasniegumu līmeņus, bet arī konkrētās pārejas starp izziņas darbības līmeņiem IIM pedagoģiskā procesa laikā. Lai padziļināti analizētu izglītojamo progresijas struktūru, turpmāk veikta pāreju matricas analīze, kas ļauj novērtēt ne tikai gala sasniegumu līmeņus, bet arī konkrētās pārejas starp izziņas darbības līmeņiem IIM pedagoģiskā procesa laikā (sk. 53. attēlu, 16. un 17. tabulu, kā arī 54. attēlu).eni, kā arī identificēt to stiprās un vājās puses fizikas satura apgūvē.

Sankey diagramma attēlo izglītojamo pārejas starp sasniegumu līmeņiem no ievaddiagnostikas uz nobeiguma diagnostiku, kur plūsmu biezums atspoguļo attiecīgo izglītojamo īpatsvaru. Diagramma uzskatāmi parāda dominējošu virzību no zemākiem uz augstākiem sasniegumu līmeņiem (īpaši I → II un II → III), vienlaikus neuzrādot būtisku regresiju, kas apliecina mācību procesa efektivitāti un progresīvu kognitīvās attīstības dinamiku (Schmidt, 2008, Morse, 2014).



54. att. Izglītojamo pārejas starp sasniegumu līmeņiem (vidējās vērtības) (Sankey diagramma).
Avots - autores apkopojums.

Sankey diagramma uzskatāmi parāda, ka dominējošā izglītojamo kustība notiek virzienā no zemākiem uz augstākiem sasniegumu līmeņiem, īpaši pārejās I → II un II → III, kas apliecina pakāpenisku un strukturētu kognitīvās attīstības progresiju IIM procesā. Sankey diagrammas pa mācību gadiem (sk. 9. pielikumā) atklāj stabilu un strukturētu izglītojamo pāreju uz augstākiem sasniegumu līmeņiem, kur dominē pakāpeniska progresija no I uz II un no II uz III līmeni. Vienlaikus novērojamas starpgadu variācijas, īpaši 2019./2020. mācību gadā, kur konstatējama progresijas samazināšanās un stagnācijas pieaugums, kas skaidrojams ar ārējiem faktoriem. Kopumā rezultāti apliecina IIM pedagoģiskā procesa stabilitāti un efektivitāti ilgtermiņā.

Promocijas darba ietvaros autore analizēja mijsakarības, kas ietekmē izglītojamo izziņas darbības līmeņa virzību, ņemot vērā IIM fizikas kursa saturu, kā arī izmantotās pedagoģiskās metodes un e-studiju tehnoloģijas. Autores pieeja balstās pedagoģiskajās teorijās (SOLO, Blūma) un pāreju matricu pieejā, kas izglītības datu analīzē tiek izmantota izglītojamo virzības raksturošanai starp sasniegumu līmeņiem (Puterman, 2014; Siemens & Baker, 2012; Romero & Ventura, 2020).

Pētījumā tika izstrādāta pieeja izglītojamo izziņas darbības līmeņu virzības kvantitatīvai raksturošanai, izmantojot pāreju matricas un mācību analītikas vizualizācijas. Identificētās mijsakarības vispārīgā gadījumā iespējams atspoguļot pāreju matricā, kas raksturo izglītojamo kustību starp izziņas darbības līmeņiem. Pāreju matricas elementi tika aprēķināti kā relatīvais izglītojamo biežums, kuri pārgājuši no viena sasniegumu līmeņa uz citu. Šāda pieeja ļauj kvantitatīvi raksturot izglītojamo virzību starp izziņas darbības līmeņiem un salīdzināt progresijas tendences dažādos mācību gados (Puterman, 2014; Siemens & Baker, 2012; Romero & Ventura, 2020).

$$p_{ij} = \frac{n_{ij}}{\sum_{j=1}^m n_{ij}}$$

kur:

- p_{ij} – pārejas relatīvais biežums no līmeņa i uz līmeni j ;
- n_{ij} – izglītojamo skaits, kas pārgājuši no līmeņa i uz līmeni j ;
- m – sasniegumu līmeņu skaits.

Šajā matricā p_{ij} raksturo relatīvo izglītojamo īpatsvaru, kas pāriet no izziņas līmeņa i uz līmeni j , piemēram, no zināšanu reproducēšanas uz analītisko domāšanu, kas atbilst SOLO un Blūma taksonomiju struktūrai (Biggs & Tang, 2011). Šāda pieeja ļauj kvantitatīvi analizēt izglītojamo mācīšanās trajektorijas un noteikt mācību procesa ietekmi uz kognitīvo attīstību (Romero & Ventura, 2020; Siemens & Baker, 2012). Aprēķina piemērs.

2020./2021. mācību gadā izglītojamo īpatsvars, kuri ievaddiagnostikā atradās I sasniegumu līmenī un nobeiguma diagnostikā sasniedza II līmeni, bija 30,3 %. Kopējais I līmeņa izglītojamo īpatsvars ievaddiagnostikā bija 37,2 % (I→I + I→II + I→III). Tādējādi pārejas varbūtība no I uz II līmeni tika aprēķināta šādi:

$$p_{I \rightarrow II} = \frac{30,3}{4,5 + 30,3 + 2,4} = \frac{30,3}{37,2} = 0,815$$

Tas nozīmē, ka 81,5 % izglītojamo, kuri sākotnēji atradās I sasniegumu līmenī, pēc IIM kursa sasniedza II līmeni. Iegūtais rezultāts liecina par augstu pārejas intensitāti no zemākā uz vidējo sasniegumu līmeni un apliecina, ka IIM pedagogiskais process sekmē izglītojamo virzību no zināšanu reproducēšanas uz zināšanu un prasmju lietošanu. No SOLO taksonomijas skatpunkta tas raksturo pāreju no vienstrukturāla uz daudzstrukturālu izpratnes līmeni, savukārt Blūma taksonomijas kontekstā – no atcerēšanās un izpratnes uz pielietošanu (Biggs & Tang, 2011; Anderson & Krathwohl, 2001).

$$p_{II \rightarrow III} = \frac{40,5}{11,4 + 40,5} = 0,780$$

Tas nozīmē, ka 78 % izglītojamo, kuri ievaddiagnostikā atradās II līmenī, pēc kursa sasniedza III līmeni. Savukārt pārejas varbūtība no II uz III līmeni sasniedza 78,0 %, kas apliecina, ka lielākā daļa izglītojamo, kuri jau bija apguvuši zināšanu un prasmju lietošanu, pēc IIM kursa sasniedza augstāko sasniegumu līmeni – analīzi un produktīvu darbību. Šāds rezultāts ir īpaši nozīmīgs, jo atspoguļo ne tikai zināšanu apjoma pieaugumu, bet arī kvalitatīvu kognitīvās darbības attīstību.

18. tabula

Sniegumu novērtēšanas matrica (vispārīgais gadījums)

Ideālā matrica					Pilnīgi nederīga matrica				
0	0	0	0	I	I	1	0	0	I
0	0	0	0	II	II	0	1	0	II
1	1	1	1	III	III	0	0	1	III

Tādējādi pāreju matrica kalpo kā konceptuāls un analītisks instruments IIM pedagogiskā procesa efektivitātes novērtēšanai, ļaujot kvantitatīvi analizēt izglītojamo kognitīvās attīstības dinamiku.

IMM sniegumu novērtēšanas matrica pa gadiem

Mācību gads	Līmeņu virzība													
2015./2016. mācību gads	<table><tr><td>0.033</td><td>0</td><td>0</td><td rowspan="3">x</td><td>0.459</td></tr><tr><td>0.392</td><td>0.081</td><td>0</td><td>0.476</td></tr><tr><td>0.027</td><td>0.402</td><td>0.065</td><td>0.065</td></tr></table>	0.033	0	0	x	0.459	0.392	0.081	0	0.476	0.027	0.402	0.065	0.065
0.033	0	0	x	0.459										
0.392	0.081	0		0.476										
0.027	0.402	0.065		0.065										
2016./2017. mācību gads	<table><tr><td>0.071</td><td>0</td><td>0</td><td rowspan="3">x</td><td>0.404</td></tr><tr><td>0.302</td><td>0.225</td><td>0</td><td>0.483</td></tr><tr><td>0.032</td><td>0.257</td><td>0.113</td><td>0.113</td></tr></table>	0.071	0	0	x	0.404	0.302	0.225	0	0.483	0.032	0.257	0.113	0.113
0.071	0	0	x	0.404										
0.302	0.225	0		0.483										
0.032	0.257	0.113		0.113										
2017./2018. mācību gads	<table><tr><td>0.051</td><td>0</td><td>0</td><td rowspan="3">x</td><td>0.397</td></tr><tr><td>0.280</td><td>0.070</td><td>0</td><td>0.495</td></tr><tr><td>0.035</td><td>0.456</td><td>0.108</td><td>0.108</td></tr></table>	0.051	0	0	x	0.397	0.280	0.070	0	0.495	0.035	0.456	0.108	0.108
0.051	0	0	x	0.397										
0.280	0.070	0		0.495										
0.035	0.456	0.108		0.108										
2018./2019. mācību gads	<table><tr><td>0.101</td><td>0</td><td>0</td><td rowspan="3">x</td><td>0.463</td></tr><tr><td>0.344</td><td>0.241</td><td>0</td><td>0.494</td></tr><tr><td>0.023</td><td>0.248</td><td>0.043</td><td>0.043</td></tr></table>	0.101	0	0	x	0.463	0.344	0.241	0	0.494	0.023	0.248	0.043	0.043
0.101	0	0	x	0.463										
0.344	0.241	0		0.494										
0.023	0.248	0.043		0.043										
2019./2020. mācību gads	<table><tr><td>0.156</td><td>0</td><td>0</td><td rowspan="3">x</td><td>0.395</td></tr><tr><td>0.191</td><td>0.311</td><td>0</td><td>0.491</td></tr><tr><td>0.023</td><td>0.205</td><td>0.114</td><td>0.114</td></tr></table>	0.156	0	0	x	0.395	0.191	0.311	0	0.491	0.023	0.205	0.114	0.114
0.156	0	0	x	0.395										
0.191	0.311	0		0.491										
0.023	0.205	0.114		0.114										
2020./2021. mācību gads	<table><tr><td>0.045</td><td>0</td><td>0</td><td rowspan="3">x</td><td>0.393</td></tr><tr><td>0.303</td><td>0.114</td><td>0</td><td>0.498</td></tr><tr><td>0.024</td><td>0.405</td><td>0.109</td><td>0.109</td></tr></table>	0.045	0	0	x	0.393	0.303	0.114	0	0.498	0.024	0.405	0.109	0.109
0.045	0	0	x	0.393										
0.303	0.114	0		0.498										
0.024	0.405	0.109		0.109										

19. tabulā apkopotie dati raksturo izglītojamo snieguma līmeņu izmaiņas, kuras analizējamās, izmantojot pāreju matricas pieeju. Rezultātu analīze liecina, ka izglītojamajiem no mazākumtautību skolām relatīvi biežāk novērojama pāreja no zemākā (I) uz augstāko (III) izziņas darbības līmeni. Šādu tendenci iespējams skaidrot ar sākotnēji zemāku sniegumu, kas lielā mērā saistīts ar nepietiekamu mācību valodas prasmi. Līdz ar to sākotnējās grūtības bieži ir saistītas ne tikai ar fizikas jēdzienisko izpratni, bet arī ar spēju interpretēt uzdevumu formulējumus, izvēlēties atbilstošu skaidrojumu un korekti lietot fizikas terminoloģiju.

Padziļināta datu analīze atklāj, ka izglītojamo sniegums dažādos mācību satura aspektos var atšķirties līdz pat 20 %. Izteiktākais uzlabojums konstatējams uzdevumos, kas saistīti ar fizikālo procesu izpratni: vidējais sniegums pieauga no 40,66 % ievaddiagnostikā līdz 61,33 % nobeiguma diagnostikā. Šāds pieaugums sakrīt ar dominējošajām pārejām pāreju matricā (II → III), kas norāda uz izglītojamo virzību uz augstāka līmeņa kognitīvajām darbībām.

Pozitīvas izmaiņas vērojamas arī citās kompetencēs. Spēja izmantot fizikālos modeļus (piemēram, vektorus un shēmas) un interpretēt grafiskos attēlojumus sākotnēji

bija raksturīga nedaudz vairāk nekā piektdaļai izglītojamo, bet pēc mācību procesa to demonstrēja jau vairāk nekā puse (55 %). Līdzīga dinamika novērojama arī datu interpretācijā no grafikiem, kur sniegums pieauga no 24 % līdz 46 %. Šie rezultāti liecina par pakāpenisku pāreju no reproduktīvas zināšanu izmantošanas uz analītisku domāšanu.

Salīdzinot iegūtos rezultātus ar plašāku izglītības kontekstu, konstatējams, ka sākotnējais izglītojamo sniegums korelē ar Latvijas centralizēto eksāmenu un starptautisko pētījumu rezultātiem, kuros uzsvērts salīdzinoši neliels augsta sasniegumu līmeņa izglītojamo īpatsvars (OECD, 2023a; Geske et al., 2013). Lai gan pēc IIM kursa novērojams būtisks individuālais progress, šo kursu ietekme galvenokārt izpaužas individuālā līmenī, sekmējot katra izglītojamā attīstību, nevis būtiski mainot kopējo snieguma struktūru valsts mērogā.

Pāreju matricas un *Sankey* diagrammas integrēta izmantošana ļauj daudzdimensionāli analizēt izglītojamo mācīšanās dinamiku un raksturo dominējošu virzību uz augstākiem kognitīvās darbības līmeņiem IIM procesa laikā.

3.4. Pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeļa efektivitātes novērtēšana

Būtiska IIM pedagoģiskā procesa efektivitātes iezīme ir tā atvērtība izglītojamo dažādībai un iespēja izglītojamiem izvirzīt individuālus mācību mērķus. Šāda pieeja veido konceptuālu ietvaru mācību mērķu noteikšanai un īstenošanai IIM modelī.

IIM pedagoģiskā procesa efektivitāti iespējams nodrošināt tikai tad, ja visas tajā iesaistītās komponentes ir savstarpēji saskaņotas ar izvirzītajiem mācību mērķiem un orientētas uz to sasniegšanu. Literatūras analīze (skat. 1. nodaļu) liecina, ka izglītības pētniecībā nepastāv vienota un universāli pieņemta efektivitātes jēdziena definīcija, jo tās interpretācija ir atkarīga no vērtētāja, konteksta un izvirzītajiem mērķiem.

Šī pētījuma kontekstā IIM pedagoģiskā procesa efektivitāte tiek operacionalizēta, balstoties uz trim savstarpēji saistītiem kritērijiem:

- izvirzīto mācību mērķu un mērķa auditorijas vajadzību apmierinātības pakāpe;
- mācību satura un pedagoģiskā procesa atbilstība izvirzītajiem mērķiem;
- izglītojamo mācību sasniegumu dinamika un pieaugums.

Šajā pētījumā netiek vērtēta katras IIM e-ekosistēmas komponentes efektivitāte atsevišķi, bet gan modeļa darbība kopumā, analizējot izglītojamo vajadzību apmierinātību, mācību procesa atbilstību izvirzītajiem mērķiem un izglītojamo mācību sasniegumu dinamiku.

Šajā apakšnodaļā tiek analizēti pētījuma rezultāti, kas raksturo mērķa auditorijas vajadzību un izvirzīto mācību mērķu apmierinātību, kā arī izvērtē mācību satura un procesa piemērotību šo mērķu sasniegšanai.

Ņemot vērā, ka IIM procesā iesaistītie izglītojamie ir heterogēna grupa ar atšķirīgiem studiju mērķiem, priekšstatiem par mācību procesu un dažādām preferencēm attiecībā uz mācību metodēm un organizācijas formām, galvenais uzsvars tiek likts nevis uz tradicionālu zināšanu transmisiju, bet gan uz mācību iespēju paplašināšanu, mācībām labvēlīgas vides veidošanu un individuāli pielāgota atbalsta nodrošināšanu.

IIM pedagoģiskajā procesā izglītojamais aktīvi iesaistās mācību plānošanā, izvirza individuālos mācību mērķus, uzņemas atbildību par to sasniegšanu un īsteno pašregulētu mācīšanos. Līdz ar to mācību process tiek organizēts kā aktīva izzīņas darbība, kas ietver problēmu risināšanu, pētniecisku pieeju, atbilžu meklēšanu un interaktīvu iesaisti.

3.4.1. IIM pedagoģiskā procesa efektivitātes novērtējuma rezultāti

Lai novērtētu IIM pedagoģiskā procesa efektivitāti, būtisks uzdevums ir identificēt IIM pakalpojuma saņēmējus (izglītojamos), viņu vajadzības un gaidas attiecībā uz sniegto izglītības pakalpojumu, kā arī izveidot sistēmu, kas ļauj noteikt šo vajadzību apmierinātības pakāpi un identificēt iespējamās neapmierinātības iemeslus. Šie aspekti detalizēti analizēti 3.1. apakšnodaļā.

Izglītojamo individuālo mācību koncepciju realizācija IIM procesā

Lai izvērtētu izglītojamo pieredzi attiecībā uz būtiskāko mācību koncepciju realizāciju IIM procesā, tika veikts pirmsmācību un pēcmācību aptauju rezultātu salīdzinājums, kā arī šķērstabulu analīze (angļu val. *cross-tabulation analysis*). Analīzē tika salīdzināti trīs aspekti:

- izglītojamo identificētās būtiskākās koncepcijas pirms mācību procesa uzsākšanas;
- IIM procesā par būtiskākajām atzītās koncepcijas;

- mācību procesā visveiksmīgāk realizētās koncepcijas.

Analizējot iegūtos datus, konstatēts, ka jau pirms IIM uzsākšanas lielākā daļa izglītojamo (72 %) kā būtisku izvirzīja personīgās izaugsmes koncepciju, un šī koncepcija mācību procesā tika realizēta augstā pakāpē. Rezultāti liecina, ka būtiskās koncepcijas, kuras izglītojamie identificēja pirms mācību procesa, lielā mērā tika saglabātas un realizētas arī IIM procesā, jo vairāk nekā puse izglītojamo (57–76 %) tās atkārtoti atzina par nozīmīgām. Apkopotie rezultāti ir sniegti 21. tabulā. Trešajā kolonnā atspoguļots izglītojamo pēcmācību aptaujā sniegtais vērtējums par to, kuras no analizētajām koncepcijām IIM procesā tika realizētas visveiksmīgāk. Pēc 20. tabulā datiem redzams, ka izglītojamo sākotnēji identificētās mācību koncepcijas lielā mērā sakrīt ar IIM procesā realizētajām koncepcijām. Tas liecina par mācību procesa mērķtiecību un efektivitāti, nodrošinot izglītojamo vajadzībām atbilstošu mācību vidi.

20. tabula. Izglītojamo identificēto un IIM procesā realizēto mācību koncepciju salīdzinājums (autore apkopojums).

Būtiskākās koncepcijas pirms mācību procesa uzsākšanas		IIM procesā atzīta kā būtiskākā koncepcija		Būtiskāko koncepciju realizācija mācību procesā	
Koncepcija	%	Koncepcija	%	Koncepcija	%
1. Personīgā izaugsme	72%	1. Jauno zināšanu apguve	62%	1. Personīgā izaugsme	76%
2. Zināšanu un prasmju apguve praktiskai pielietošanai	59%	2. Personīgā izaugsme	64%	2. Jauno zināšanu apguve	72%
3. Saņemtās informācijas apstrāde personīgās zināšanās	47%	3. Zināšanu un prasmju apguve praktiskai pielietošanai	56%	3. Zināšanu un prasmju apguve praktiskai pielietošanai	61%
4. Jauno zināšanu apguve	49%	4. Personīgo zināšanu konstruēšana	49%	4. Praktiskās pieredzes pārvēršana zināšanās	53%
5. Personīgo zināšanu konstruēšana	42%	5. Saņemtās informācijas apstrāde personīgās zināšanās	48%	5. Saņemtās informācijas apstrāde personīgās zināšanās	49%
6. Praktiskās pieredzes pārvēršana zināšanās	35%	6. Praktiskās pieredzes pārvēršana zināšanās	37%	6. Personīgo zināšanu konstruēšana	48%

Piezīme. Respondenti varēja norādīt vairāk nekā vienu būtisku koncepciju, tādēļ procentu summa katrā kolonnā nepārsniedzami nesummējas līdz 100%.

Tabulas dati liecina, ka izglītojamo identificētās prioritārās mācību koncepcijas lielā mērā sakrīt ar IIM procesā realizētajām koncepcijām. Īpaši izteikta atbilstība novērojama personīgās izaugsmes, jauno zināšanu apguves un zināšanu praktiskās pielietošanas jomās. Tas norāda uz augstu IIM pedagoģiskā procesa atbilstību izglītojamo vajadzībām un izvirzītajiem mācību mērķiem.

Lai izvērtētu IIM pedagoģiskā procesa efektivitāti, tika analizēta statistiskā saistība starp IIM procesā izmantotajām mācību metodēm un izglītojamo studiju mērķu sasniegšanas pašvērtējumu trīs dimensijās – akadēmiskajā, personīgajā un sociālajā.

Analīzē izmantots Spīrmena korelācijas koeficients, kas ļauj novērtēt analizēto rādītāju savstarpējo saistību un tās statistisko nozīmību.

21. tabula

Mācību metožu sasaite ar studiju mērķu sasniegšanu IIM procesā

Mācību metodes	Akadēmiskie mērķi		Personīgie mērķi		Sociālie mērķi	
	R	p	R	p	R	p
Materiāla atrašana un iedziļināšanās	0,38	<0,01	0,43	<0,01	0,30	0,02
Iegūtas pieredzes analīze	0,41	<0,01	0,41	<0,01	0,27	0,04
Grupu darbs			0,28	0,03	0,32	<0,01
Pētnieciskie projekti VL			0,44	<0,01	0,41	<0,01
Diskusijas					0,35	<0,01
Patstāvīgais darbs					0,34	<0,01
Individuālās konsultācijas ar pedagogu					0,33	<0,01
Eksperimentēšana VL	0,31	0,02				
Praktiskās nodarbības auditorijā	0,29	0,03				

Piezīme. R – Spīrmena korelācijas koeficients; p – statistiskās nozīmības līmenis; VL – virtuālās laboratorijas. Tabulā iekļautas tikai statistiski nozīmīgas korelācijas ($p < 0,05$).

Analizējot 21. tabulā apkopotos rezultātus, konstatētas statistiski nozīmīgas pozitīvas saistības starp vairākām IIM procesā izmantotajām mācību metodēm un izglītojamo studiju mērķu sasniegšanas pašvērtējumu.

Visaugstākais korelācijas koeficients konstatēts starp pētnieciskajiem projektiem virtuālajās laboratorijās un akadēmisko mērķu sasniegšanas pašvērtējumu ($r = 0,44$; $p < 0,01$). Ar personīgo mērķu sasniegšanas pašvērtējumu pētnieciskie projekti virtuālajās laboratorijās bija saistīti ar $r = 0,41$ ($p < 0,01$). Augsta pozitīva saistība konstatēta arī starp materiāla atrašanu un iedziļināšanos un personīgo mērķu sasniegšanas pašvērtējumu ($r = 0,43$; $p < 0,01$), kā arī starp iegūtās pieredzes analīzi un akadēmisko un personīgo mērķu sasniegšanas pašvērtējumu (abos gadījumos $r = 0,41$; $p < 0,01$).

Statistiski nozīmīgas saistības konstatētas arī starp diskusijām, individuālajām konsultācijām ar pedagogu un sociālo mērķu sasniegšanas pašvērtējumu. Savukārt akadēmisko mērķu sasniegšanas pašvērtējums ir saistīts ar materiāla padziļinātu apguvi,

iegūtās pieredzes analīzi, eksperimentēšanu virtuālajās laboratorijās un praktiskajām nodarbībām auditorijā.

Kopumā tabulā apkopotie rezultāti liecina par statistiski nozīmīgām pozitīvām saistībām starp aktīvas izziņas, refleksijas un pētnieciskās darbības metodēm un studiju mērķu sasniegšanas pašvērtējumu. Iegūtie rezultāti atspoguļo IIM kursa būtību, kur būtiska nozīme ir pieredzē balstītai mācīšanai un mācīšanās procesam, sadarbībai, refleksijai un augstāka līmeņa domāšanas prasmju attīstībai – analizēšanai, sintezēšanai, izvērtēšanai, problēmrisināšanai un metakognitīvo stratēģiju izmantošanai ilgtermiņa izpratnes veidošanā.

Iegūtie rezultāti konceptuāli saskan ar SOLO taksonomijas principiem, kas raksturo pāreju no virspusējas zināšanu reproducēšanas uz dziļāku izpratni un augstāka līmeņa kognitīvajām darbībām (*Biggs & Tang, 2011*), kā arī ar pārskatītās Blūma taksonomijas kognitīvo procesu hierarhiju, kur mācīšanās rezultāts izpaužas kā virzība no zināšanu iegaumēšanas uz analīzi, izvērtēšanu un problēmrisināšanu (*Anderson & Krathwohl, 2001*). Vienlaikus iegūtie rezultāti saskan ar mācību analītikas pieeju, kas uzsver datu izmantošanu mācību procesa pilnveidei un pedagoģisko lēmumu pieņemšanai (*Siemens & Baker, 2012; Romero & Ventura, 2020*).

3.4.2. IIM pedagoģiskā procesā piedāvāto e- studiju tehnoloģiju novērtēšana

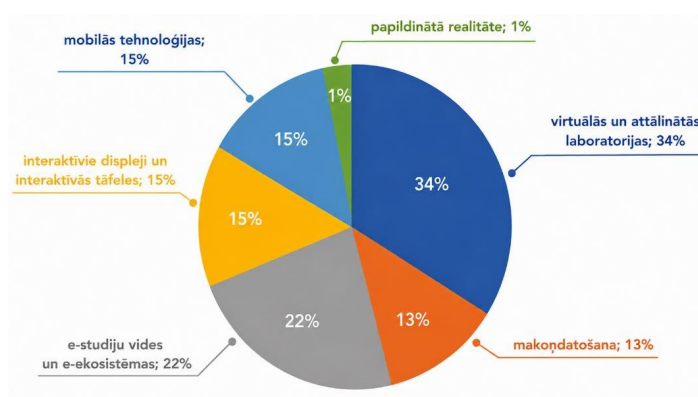
Lai izvērtētu IIM pedagoģiskā procesa efektivitāti, tika analizēta mācību metožu un e-studiju tehnoloģiju sasaite ar studiju mērķu sasniegšanas pašvērtējumu akadēmiskajā, personīgajā un sociālajā dimensijā.

Šāda pieeja ļauj identificēt, ar kurām e-studiju tehnoloģijām un mācību metodēm ir saistīts augstāks izglītojamo studiju mērķu sasniegšanas pašvērtējums. Analīze balstīta uz empīriskiem datiem, izmantojot šķērstabulu un korelāciju pieeju, kas nodrošina daudzdimensionālu mācību procesa efektivitātes izvērtējumu (*Siemens & Baker, 2012; Romero & Ventura, 2020*).

Iegūtie rezultāti konceptuāli saskan ar SOLO taksonomijas principiem (*Biggs & Tang, 2011*), jo efektīvākās mācību metodes veicina pāreju no zemāka līmeņa kognitīvajām darbībām uz augstāka līmeņa izziņas procesiem. Vienlaikus tie atbilst arī pārskatītās Blūma

taksonomijas loģikai (Anderson & Krathwohl, 2001), kur mācību efektivitāte izpaužas kā virzība no zināšanu reproducēšanas uz analīzi, sintēzi un problēmrisināšanu.

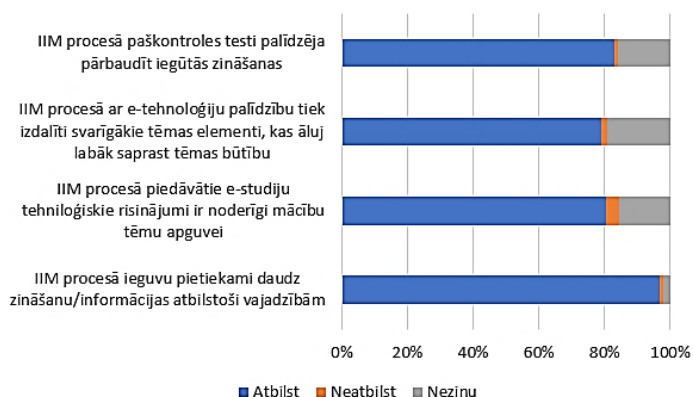
Šīs pētījuma daļas ieguldījums ir kvantitatīva mācību metožu un izglītojamo studiju mērķu sasniegšanas pašvērtējuma savstarpējo saistību analīze, interpretējot iegūtos rezultātus *SOLO* un pārskatītās Blūma taksonomijas teorētiskajā ietvarā, tādējādi nodrošinot empīriski pamatotu saikni starp pedagoģiskajām pieejām un izglītojamo mācīšanās rezultātiem IIM modelī.



55. att. Izglītojamiem pieņemamākās e-studiju tehnoloģijas IIM procesā. Avots: autorens apkopojums.

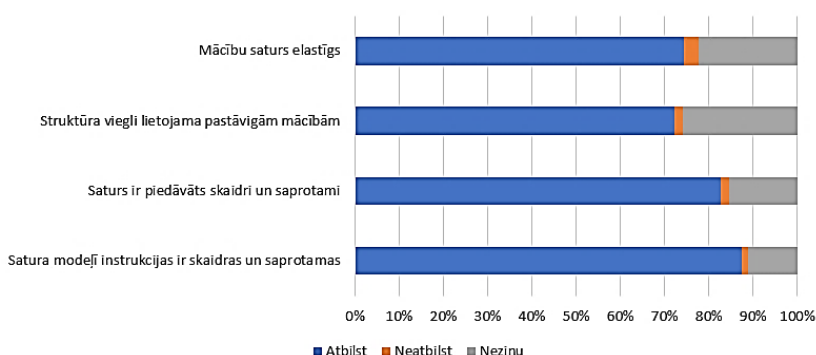
Visaugstāk tiek novērtētas virtuālās un attālinātās laboratorijas (34 %), kam seko e-studiju vide un e-ekosistēma (22 %), kas kopumā raksturo eksperimentāli orientētu un digitāli integrētu mācību pieeju.

Mazāks, bet nozīmīgs īpatsvars ir interaktīvajiem displejiem un tāfelēm (15 %) un mobilajām tehnoloģijām (15 %), kas veicina izglītojamo iesaisti un mācību procesa elastību. Savukārt mākoņdatošana (13 %) nodrošina tehnoloģisko infrastruktūru, bet paplašinātā realitāte (1 %) norāda uz turpmākām attīstības iespējām.



56. att. Izglītojamo vērtējumi par IIM procesa atbilstību viņu vajadzībām procentuālā izteiksmē.
Avots: autores apkopojums.

Diagrammā (56. att.) redzams, ka visos analizētajos aspektos dominē pozitīvs vērtējums, kas liecina par augstu IIM pedagoģiskā procesa atbilstību izglītojamo vajadzībām. Īpaši augsts novērtējums konstatēts attiecībā uz iegūto zināšanu un informācijas apjomu, kas apliecina mācību satura atbilstību izglītojamo vajadzībām. Augstu novērtēti arī IIM procesā izmantotie e-studiju tehnoloģiskie risinājumi, e-tehnoloģiju izmantošana mācību satura strukturēšanai un paškontroles testi, kas palīdzējuši izglītojamajiem pārbaudīt iegūtās zināšanas. Iegūtie rezultāti liecina, ka izglītojamie pozitīvi vērtē digitālo tehnoloģiju integrāciju mācību procesā un to atbalstu mācību mērķu sasniegšanā.



57. att. IIM satura moduļu novērtējums. Avots: autores apkopojums.

Diagrammā (57. att.) redzams, ka izglītojamie kopumā pozitīvi vērtē mācību satura strukturētību, skaidrību un piemērotību patstāvīgam darbam, kas norāda uz satura moduļu metodisko kvalitāti. Īpaši augstu vērtējumu saņēmušas satura modeļu instrukcijas un

mācību satura skaidrība, kas uzskatāmas par nozīmīgiem priekšnosacījumiem efektīvai mācīšanās procesa organizācijai un pašregulētas mācīšanās attīstībai (Zimmerman, 2002). Augsts novērtējums piešķirts arī mācību satura elastīgumam un struktūras piemērotībai patstāvīgām mācībām, kas ir īpaši nozīmīgi heterogēnā izglītojamo grupā.

Papildus tika analizētas korelācijas starp izglītojamo vērtējumu par e-studiju tehnoloģiju izmantošanas pamatotību un mācību mērķu sasniegšanu. Rezultāti liecina, ka nodarbības virtuālajās un attālinātajās laboratorijās ($r = 0,44$, $p < 0,01$), e-studiju vidēs ($r = 0,40$, $p < 0,01$) un e-ekosistēmu izmantošana ($r = 0,31$, $p = 0,02$) statistiski ticami korelē ar mācību mērķu sasniegšanas pašvērtējumu. Šie rezultāti liecina par pozitīvu saistību starp digitālo mācību risinājumu izmantošanu un izglītojamo mācību mērķu sasniegšanas pašvērtējumu (Romero & Ventura, 2020).

Kopumā rezultāti liecina, ka IIM satura moduļi ir metodiski pamatoti, strukturēti un atbilst izglītojamo vajadzībām. Vienlaikus konstatētās pozitīvās saistības starp e-studiju tehnoloģiju izmantošanu un mācību mērķu sasniegšanas pašvērtējumu norāda uz šo tehnoloģiju nozīmīgu lomu IIM pedagoģiskajā procesā. Iegūtie rezultāti saskan ar mācību analītikas pieeju, kas uzsver digitālo tehnoloģiju un datu izmantošanas nozīmi mācību procesa pilnveidē un pedagoģisko lēmumu pieņemšanā (Romero & Ventura, 2020).

3.4.3. Didaktiskā un tehniskā atbalsta vajadzību analīze IIM procesā

Pirms IIM kursa uzsākšanas tika veikta izglītojamo didaktiskā un tehniskā atbalsta vajadzību analīze, lai identificētu potenciālos izaicinājumus un pielāgotu mācību procesu izglītojamo sagatavotības līmenim. Šāda pieeja atbilst konstruktīvās saskaņotības principiem, kas uzsver nepieciešamību saskaņot mācību mērķus, metodes un izglītojamo vajadzības (Biggs & Tang, 2011).

Analīze parādīja, ka lielākās grūtības var rasties, ieviešot metodes, kas balstītas uz sadarbību, refleksiju un pašanalīzi. Tas saskan ar pašregulētas mācīšanās teoriju, kurā uzsvērta izglītojamo spēja plānot, uzraudzīt un izvērtēt savu mācīšanās procesu (Zimmerman, 2002). Vienlaikus tika konstatētas būtiskas atšķirības izglītojamo digitālajā prātībā un piekļuvē tehnoloģijām. Šie rezultāti interpretējami arī digitālās nevienlīdzības kontekstā, jo nevienlīdzīga piekļuve tehnoloģijām var ietekmēt mācību rezultātus un izglītības iespējas (OECD, 2023b).

Iegūtie rezultāti apliecina, ka IIM pedagoģiskā procesa efektivitāti nosaka ne tikai tehnoloģiju pieejamība, bet galvenokārt didaktiskā pieeja, izglītojamo pašregulācijas prasmes un optimāli organizēta kognitīvā slodze. To pamato gan izglītojamo pozitīvais vērtējums par mācību procesa atbilstību vajadzībām un mācību satura strukturētību un piemērotību patstāvīgam darbam (56. un 57. att.), gan statistiski nozīmīgās saistības starp aktīvas izziņas, refleksijas un pētnieciskās darbības metodēm un studiju mērķu sasniegšanas pašvērtējumu (21. tabula).

Apkopojot iegūtos rezultātus, secināms, ka IIM e-ekosistēmas modelis nodrošina augstu atbilstību izglītojamo vajadzībām, sekmē izvirzīto mācību mērķu sasniegšanu un rada priekšnosacījumus stabilai mācību sasniegumu izaugsmei. Šo secinājumu pamato gan izglītojamo pozitīvais vērtējums par mācību procesa organizāciju un izmantotajām tehnoloģijām, gan IDD un NDD rezultātu analīze, kas uzrāda sistemātisku pāreju uz augstākiem sasniegumu un izziņas darbības līmeņiem (50.–54. att.). Iegūtie rezultāti liecina par modeļa praktisko piemērotību intensīvo izlīdzinošo mācību organizēšanai fizikā.

Lai integrēti raksturotu IIM e-ekosistēmas modeļa efektivitātes novērtēšanas procesu, 58. attēlā apkopoti galvenie pētījuma posmi, izmantotie datu avoti un rezultātu analīzes instrumenti. Shēma atspoguļo saikni starp izglītojamo vajadzību analīzi, diagnostiku, pedagoģiskā procesa īstenošanu, mācību analītiku un mācību sasniegumu izvērtēšanu, veidojot vienotu datu balstītu ietvaru IIM modeļa efektivitātes novērtēšanai.

58. attēlā redzams, ka IIM e-ekosistēmas modeļa efektivitātes novērtēšana balstās uz vairāku savstarpēji saistītu datu avotu integrētu analīzi. Process sākas ar izglītojamo vajadzību analīzi un ievaddiagnostiku, kas nodrošina informāciju par izglītojamo sākotnējo sagatavotību un mācību vajadzībām. Tālāk pedagoģisko un tehnoloģisko aspektu integrācija IIM e-ekosistēmā tiek monitorēta, izmantojot mācību analītikas rīkus, aptaujas un korelāciju analīzi. Savukārt nobeiguma diagnostikas rezultāti, pāreju matricas un kognitīvās progresijas analīze ļauj izvērtēt izglītojamo virzību starp sasniegumu līmeņiem un novērtēt mācību procesa rezultativitāti.



58. att. IIM e-ekosistēmas modeļa efektivitātes novērtēšanas ietvars. Avots: autore izstrāde.

Šāda pieeja nodrošina ne tikai mācību sasniegumu kvantitatīvu izvērtējumu, bet arī iespēju analizēt izglītojamo kognitīvās attīstības dinamiku un identificēt pedagoģiskos un tehnoloģiskos faktorus, kas saistīti ar mācību mērķu sasniegšanu. Tādējādi IIM e-ekosistēmas modelis veido vienotu datu balstītu sistēmu, kas nodrošina mācību procesa plānošanu, īstenošanu, monitoringu un efektivitātes izvērtēšanu heterogēnā izglītojamo grupā.

3.5. Teorētisko pieeju, identificēto problēmu un IIM pedagoģisko risinājumu integrācija

Lai teorētiski pamatotu IIM pedagoģiskā procesa struktūru un interpretētu empīriski iegūtos rezultātus, būtiski analizēt dažādu mācīšanās teoriju savstarpējo sasaisti ar pētījumā identificētajām problēmām un to risinājumiem. Mūsdienu izglītības pētījumos tiek uzsvērta nepieciešamība integrēt vairākas teorētiskās pieejas, lai nodrošinātu kompleksu un uz izglītojamo vajadzībām orientētu mācību procesu (Biggs & Tang, 2011; OECD, 2023c).

Iepriekšējās nodaļās veiktā izglītojamo vajadzību analīze, diagnostikas rezultātu izvērtēšana, mācību sasniegumu monitorings un aptauju datu analīze ļāva identificēt būtiskākās problēmas, kas saistītas ar izglītojamo sākotnējo sagatavotību, pašregulācijas

prasmēm, mācību procesa intensitāti un digitālās vides izmantošanu. Vienlaikus iegūtie rezultāti apliecināja, ka efektīva IIM procesa īstenošana prasa ne tikai atbilstošu mācību saturu un tehnoloģiskos risinājumus, bet arī teorētiski pamatotu pedagoģisko pieeju, kas spēj nodrošināt izglītojamo individuālo vajadzību ievērošanu un izzināšanas attīstību.

Lai sistematizētu identificēto problēmu analīzi un parādītu to teorētisko pamatojumu, 22. tabulā apkopota teorētisko pieeju, identificēto problēmu un IIM pedagoģisko risinājumu integrācija.

22. tabula
Teorētisko pieeju, identificēto problēmu un IIM pedagoģisko risinājumu integrācija

Teorētiskais ietvars	Identificētā problēma IIM kontekstā	IIM pedagoģiskais risinājums
Konstruktīvā saskaņotība (Biggs & Tang, 2011)	Mācību metožu neatbilstība izglītojamo vajadzībām un sagatavotības līmenim	Diagnosticā balstīta mācību procesa organizācija un individualizēts uzdevumu kopums
Pašregulētā mācīšanās (Zimmerman, 2002)	Nepietiekamas refleksijas un pašvadītas mācīšanās prasmes	Paškontroles testi, refleksijas uzdevumi un individuālie mācību ceļi
Kognitīvās slodzes teorija (Sweller, 2011)	Grūtības apgūt intensīvu mācību saturu ierobežotā laikā	Strukturēts, modulārs saturs un pakāpeniska zināšanu apguve
Digitālā nevienlīdzība (OECD, 2023d)	Atšķirīgs digitālās prasmes līmenis un piekļuve tehnoloģijām	Elastīga e-ekosistēma ar dažādiem piekļuves un atbalsta risinājumiem
Mācību analītika (Siemens & Baker, 2012; Romero & Ventura, 2020)	Nepieciešamība operatīvi monitorēt izglītojamo progresu un pielāgot mācību procesu	Datu balstīta diagnostika un adaptīva mācību satura pielāgošana

Tabulā parādīta teorētisko pieeju integrācija ar empīriski identificētajām problēmām un IIM pedagoģiskajiem risinājumiem, kas kopumā veido vienotu, uz izglītojamo vajadzībām orientētu mācību modeli. Konstruktīvās saskaņotības pieeja (Biggs & Tang, 2011) pamato diagnosticā balstītu mācību procesa organizāciju un individualizētu uzdevumu kopu izmantošanu, nodrošinot atbilstību izglītojamo sagatavotības līmenim. Savukārt pašregulētās mācīšanās teorija (Zimmerman, 2002) skaidro nepieciešamību attīstīt izglītojamo refleksijas un pašvadītas mācīšanās prasmes, izmantojot paškontroles testus, refleksijas uzdevumus un individuālos mācību ceļus.

Kognitīvās slodzes teorija (Sweller, 2011) sniedz teorētisku pamatojumu strukturēta un modulāra satura izmantošanai intensīvajās izlīdzinošajās mācībās, kur ierobežotā laikā

nepieciešams apgūt nozīmīgu mācību satura apjomu. Savukārt digitālās nevienlīdzības koncepcija (OECD, 2023d) ļauj interpretēt izglītojamo digitālās prasības un tehnoloģiju pieejamības atšķirības, pamatojot elastīgas e-ekosistēmas nepieciešamību. Mācību analītikas pieeja (Siemens & Baker, 2012; Romero & Ventura, 2020) nodrošina teorētisku ietvaru datu izmantošanai mācību procesa monitorēšanā, izglītojamo progresu izvērtēšanā un adaptīvā mācību satura pielāgošanā.

Kopumā IIM modelis veidots kā daudzdimensionāra sistēma, kurā savstarpēji papildinoši integrēti konstruktīvās saskaņotības, pašregulētās mācīšanās, kognitīvās slodzes, digitālās nevienlīdzības un mācību analītikas principi. Šāda pieeja nodrošina teorētisku pamatojumu iepriekšējās nodaļās iegūtajiem empīriskajiem rezultātiem un skaidro identificēto pedagoģisko risinājumu efektivitāti IIM kontekstā.

Šī pētījuma teorētiskais ieguldījums izpaužas dažādu mācīšanās teoriju (konstruktīvās saskaņotības, pašregulētās mācīšanās, kognitīvās slodzes un mācību analītikas) integrācijā vienotā pedagoģiskā sistēmā, kas empīriski pamatota IIM modelī un orientēta uz izglītojamo vajadzībām un izziņas attīstību.

3.6. Secinājumi par 3. nodaļu

1. Izglītojamo vajadzību analīze apliecina, ka IIM kursu dalībnieki veido heterogēnu mērķauditoriju ar atšķirīgu izglītības pieredzi, motivāciju un sagatavotības līmeni, kas pamato nepieciešamību pēc diagnostikā balstītas un personalizētas mācību pieejas.

2. Diagnostikas instrumentu izstrāde un aprobācija ļāva izveidot validētu diagnostikas uzdevumu banku, kas nodrošina izglītojamo zināšanu, prasmju un izziņas līmeņu novērtēšanu, izmantojot klasiskās testu teorijas principus un SOLO taksonomijas pieeju.

3. No 2400 izstrādātajiem uzdevumiem 2006 tika atzīti par statistiski derīgiem un iekļauti diagnostikas uzdevumu bankā, kas nodrošina pamatu individualizētai diagnostikai un mācību progresu monitoringam IIM procesā.

4. IDD un NDD rezultātu salīdzinājums (N = 620) liecina par sistemātisku izglītojamo mācību sasniegumu pieaugumu visos analizētajos mācību gados. Pāreju

matricas un *Sankey* diagrammu analīze apliecina dominējošu virzību no zemākiem uz augstākiem izziņas darbības līmeņiem, kas saskan ar SOLO taksonomijas un pārskatītās Blūma taksonomijas principiem (*Anderson & Krathwohl, 2001; Biggs & Tang, 2011*).

5. IIM pedagoģiskā procesa efektivitāte ir saistīta ar sistemātisku izglītojamo vajadzību identificēšanu un to ievērošanu mācību procesā. Iegūtie rezultāti saskan ar konstruktīvās saskaņotības pieeju, kas uzsver mācību mērķu, metožu un sasniedzamo rezultātu savstarpējo atbilstību (*Biggs & Tang, 2011*).

6. Statistiski nozīmīgas pozitīvas saistības konstatētas starp aktīvas izziņas, refleksijas un pētnieciskās darbības metodēm un mācību mērķu sasniegšanas pašvērtējumu. Augstākie korelācijas rādītāji novēroti pētnieciskajiem projektiem virtuālajās laboratorijās ($r = 0,44$; $p < 0,01$), darbam e-studiju vidēs ($r = 0,40$; $p < 0,01$) un e-ekosistēmu izmantošanai ($r = 0,31$; $p = 0,02$).

7. Izglītojamo vērtējumi par IIM procesa organizāciju, mācību satura struktūru un digitālo risinājumu izmantošanu liecina par augstu atbilstību izglītojamo vajadzībām. Pozitīvi novērtēta gan mācību satura skaidrība un strukturētība, gan tehnoloģiju integrācija mācību procesā.

8. Teorētisko pieeju integrācija ļāva izveidot vienotu IIM pedagoģisko sistēmu, kas apvieno konstruktīvās saskaņotības, pašregulētās mācīšanās, kognitīvās slodzes, digitālās nevienlīdzības un mācību analītikas principus, nodrošinot teorētisku pamatojumu empīriski pārbaudītajam IIM modelim (*Zimmerman, 2002; Sweller, 2011; Siemens & Baker, 2012; Romero & Ventura, 2020; OECD, 2023d*).

SECINĀJUMI

1. Zinātniskās literatūras analīze parāda, ka, neskatoties uz plašo e-studiju tehnoloģiju izmantošanu *STEM* izglītībā, literatūrā nav identificēts vienots, teorētiski un empīriski pamatots modelis, kas integrētu pedagoģiskos scenārijus, digitālās tehnoloģijas, mācību analītiku un izglītojamo kognitīvo sasniegumu novērtēšanu intensīvo izlīdzinošo mācību kontekstā. Šī teorētiskā un metodoloģiskā plaša pamato nepieciešamību izstrādāt IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeli.

2. Pamatojoties uz konstruktīvisma, konnektīvisma, personalizētas mācīšanās un mācību analītikas teorētiskajām atziņām, tika izstrādāts IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis, kas integrē izglītojamo, pedagogu, mācību saturu, digitālās tehnoloģijas un mācību analītiku vienotā pedagoģiskā sistēmā. Izstrādātais modelis paplašina e-studiju tehnoloģiju izmantošanas teorētisko izpratni *STEM* izglītībā, jo tas aplūko tehnoloģijas nevis kā atsevišķus mācību līdzekļus, bet kā savstarpēji saistītus pedagoģiskā procesa elementus, kuru efektivitāti nosaka to integrācija vienotā e-ekosistēmā.

3. (1. tēzes pierādījums). Empīriskā pētījuma rezultāti apliecina, ka izstrādātais un pedagoģiskajā procesā aprobētais IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis ir piemērots intensīvo izlīdzinošo mācību īstenošanai fizikā pārejas posmā vidusskola–augstskola. IDD un NDD rezultātu salīdzinājums ($N = 620$) liecina par sistemātisku izglītojamo mācību sasniegumu pieaugumu visos analizētajos mācību gados, savukārt pāreju matricas un Sankey diagrammu analīze apliecina dominējošu virzību no zemākiem uz augstākiem izziņas darbības līmeņiem. Iegūtie rezultāti ļauj secināt, ka pedagoģiskā procesa efektivitāte intensīvajās izlīdzinošajās mācībās ir saistīta ne tikai mācību satura apguves intensitāti, bet arī sistemātiska diagnostika, personalizēta atgriezeniskā saite un adaptīva mācību procesa organizācija.

4. (2. tēzes pierādījums). Pētījuma gaitā izstrādātā diagnostikas sistēma un validētā uzdevumu banka nodrošina izglītojamo zināšanu, izpratnes līmeņa un izziņas dziļuma diagnosticējošu vērtēšanu. No 2400 izstrādātajiem uzdevumiem 2006 tika atzīti par statistiski derīgiem un iekļauti diagnostikas sistēmā. Diagnostikas rezultāti tika izmantoti mācību procesa plānošanai, individualizācijai un izglītojamo progresu monitoringam. Diagnostikas sistēmas aprobācija apliecina, ka izziņas darbības līmeņos strukturēta un statistiski validēta uzdevumu banka nodrošina uzticamu pamatu personalizēta mācību

procesa plānošanai, izglītojamo progresu monitoringam un pedagoģisko lēmumu pieņemšanai.

5. (3. tēzes pierādījums). Izstrādātā metrika, kas balstīta uz *SOLO* taksonomiju, Blūma taksonomiju un klasiskās testu teorijas pieeju, nodrošina iespēju vērtēt izglītojamo sasniegumus trīs izziņas darbības līmeņos. Metrikas izmantošana ļāva identificēt izaugsmi fizikas jēdzienu, sakarību, apzīmējumu un mērvienību lietošanā, fizikālo procesu izpratnē, modeļu izmantošanā, funkcionālo sakarību interpretācijā un pētnieciskajā darbībā. Izstrādātā metrika demonstrē iespēju integrēt dažādas izglītojamo sasniegumu vērtēšanas pieejas vienotā sistēmā, tādējādi nodrošinot daudzdimensionālu mācību sasniegumu analīzi un padarot iespējamu kognitīvās attīstības dinamikas izvērtēšanu vairāku mācību gadu griezumā.

6. (4. tēzes pierādījums). Mācību procesa datu analīze apliecina, ka IIM pedagoģiskā procesa efektivitāte ir saistīta ar izglītojamā un mācību vides mijiedarbību. Būtiska nozīme ir izglītojamo vajadzību identificēšanai, mācību satura atbilstībai izvirzītajiem mērķiem, personalizēta atbalsta nodrošināšanai, izglītojamo darbības monitoringam un mācību procesa adaptīvai pielāgošanai. Rezultāti liecina, ka personalizēta mācību procesa organizācija ir būtisks priekšnoteikums efektīvai heterogēnu izglītojamo grupu mācīšanai pārejas posmā no vidusskolas uz augstskolu.

7. Statistiski nozīmīgas pozitīvas saistības konstatētas starp mācību mērķu sasniegšanas pašvērtējumu un pētnieciskajām aktivitātēm virtuālajās laboratorijās ($r = 0,44$; $p < 0,01$), darbu e-studiju vidēs ($r = 0,40$; $p < 0,01$) un e-ekosistēmu izmantošanu ($r = 0,31$; $p = 0,02$). Tas liecina par pozitīvu saistību starp digitālo mācību risinājumu izmantošanu un izglītojamo mācību mērķu sasniegšanas pašvērtējumu.

Konstatētās sakarības liecina, ka digitālo tehnoloģiju efektivitāti nosaka nevis to lietošanas fakts pats par sevi, bet gan mērķtiecīga un pedagoģiski pamatota integrācija mācību procesā.

8. Izglītojamo vērtējumi par IIM procesa organizāciju, mācību satura struktūru un digitālo risinājumu izmantošanu liecina par augstu atbilstību izglītojamo vajadzībām. Īpaši pozitīvi novērtēta mācību satura strukturētība, skaidrība, atgriezeniskā saite un iespēja organizēt personalizētu mācību procesu. Pozitīvais izglītojamo vērtējums norāda uz izstrādātā modeļa atbilstību mūsdienu izglītības prasībām un apliecina tā potenciālu izmantošanai citās *STEM* jomas mācību programmās.

9. Pētījuma rezultāti ļauj secināt, ka IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis veido teorētiski un empīriski pamatotu ietvaru intensīvo izlīdzinošo mācību organizēšanai fizikā, apvienojot diagnostikā balstītu pieeju, personalizētu mācīšanos, digitālo tehnoloģiju integrāciju un mācību analītiku vienotā pedagoģiskā sistēmā. Pētījuma rezultāti apliecina, ka izstrādātais IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis ir teorētiski un empīriski pamatots risinājums intensīvo izlīdzinošo mācību organizēšanai fizikā. Modeļa piemērotību pamato izglītojamo sasniegumu pieaugums, pāreja uz augstākiem izzināšanas darbības līmeņiem, pozitīvs izglītojamo vērtējums un vairāku gadu aprobācijas rezultāti, kas kopumā apliecina tā piemērotību izmantošanai pārejas posmā no vidusskolas uz augstskolu.

Atbildes uz pētījuma jautājumiem

Atbildot uz pirmo pētījuma jautājumu, secināts, ka intensīvo izlīdzinošo mācību fizikā pedagoģiskā procesa e-ekosistēma ir daudzkomponentu sistēma, kurā integrētas izglītojamā, satura, pedagoģiskā un saziņas komponentes. Izstrādātā modeļa struktūra un tās savstarpējās saiknes ir apkopotas IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelī (sk. 35. attēlu) un empīriski pamatotas 3. nodaļas rezultātos (sk. 10. un 11. tabulu).

Atbildot uz otro pētījuma jautājumu, konstatēts, ka tehnoloģiju izmantošana veicina pedagoģiskā procesa efektivitāti, ja tā ir pedagoģiski pamatota un integrēta mācību procesā. Statistiski nozīmīgas saistības konstatētas starp mācību mērķu sasniegšanu un virtuālo laboratoriju, e-studiju vidi un e-ekosistēmas elementu izmantošanu (sk. 56.–57. attēlu).

Atbildot uz trešo pētījuma jautājumu, izstrādāts un empīriski aprobēts IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modelis, kas apvieno diagnostiku, personalizētu mācīšanos, digitālās tehnoloģijas un mācību analītiku vienotā sistēmā (sk. 35. attēlu). Modeļa efektivitāti apliecina izglītojamo sasniegumu dinamika IDD un NDD diagnostikā (sk. 15. tabulu, 53. un 54. attēlu).

PROMOCIJAS DARBĀ IZMANTOTĀS LITERATŪRAS UN AVOTU SARAKSTS

- Abdelaal, M. A., El-Naggar, A. A., & Zaki, M. S. (2018). Digital transformation and its impact on organizational performance. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4), 1–6.
- Abromavičienė, D., Teresevičienė, M., & Volungevičienė, A. (2013). Technology-enhanced learning and teaching: Learning styles and multimodal approaches. *Social Sciences*, 80(2), 46–55.
- Adomavičius, G., Bockstedt, J. C., Gupta, A., & Kauffman, R. J. (2008). Making sense of technology trends in the information technology landscape: A design science approach. *MIS Quarterly*, 32(4), 779–809. <https://doi.org/10.2307/25148872>
- Adomavičius, G., Tuzhilin, A., Zheng, R., & Gupta, A. (2008). Context-aware recommender systems. *AI Magazine*, 32(3), 67–80. <https://doi.org/10.1609/aimag.v32i3.2364>
- Agnew, P. W., Kellerman, A. S., & Meyer, M. J. (1999). *Multimedia in the classroom*. Allyn & Bacon.
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183–198.
- Al-Zahrani, H., & Laxman, K. (2016). A critical meta-analysis of mobile learning research in higher education. *The Journal of Technology Studies*, 42(1), 74–89.
- Alam, A. (2023). *Artificial intelligence and the future of education: Emerging trends and challenges*. Springer.
- AlDahdouh, A. A., Osório, A. J., & Caires, S. (2015). Understanding knowledge network, learning and connectivism. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 12(10), 3–21.
- Allen, I. E., & Seaman, J. (2015). *Grade level: Tracking online education in the United States*. Babson Survey Research Group.
- Ally, M., & Prieto-Blázquez, J. (2014). What is the future of mobile learning in education? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 11(1), 142–151.
- Ally, M., Al-Zahrani, A., & Laxman, K. (2016). Transforming education with mobile learning. In M. Ally & A. Tsinakos (Eds.), *Increasing access through mobile learning* (pp. 9–24). Commonwealth of Learning & Athabasca University.
- Almaiah, M. A., Al-Khasawneh, A., & Althunibat, A. (2020). Exploring the critical challenges and factors influencing the adoption of e-learning systems in higher education. *Education and Information Technologies*, 25(6), 5261–5280.
- Alvargonzález, D. (2011). Multidisciplinary vs. interdisciplinary vs. transdisciplinary: A philosophical perspective. *Science & Education*, 20(4), 387–403.
- Alzboun, N., Ahmad, A., & Alshurideh, M. (2023). The impact of e-learning systems on students' performance and engagement. *Education and Information Technologies*, 28, 1–20.
- Anant, V. (2019). Modular approach in education: A flexible learning framework. *International Journal of Educational Research*, 7(2), 45–52.
- Anderson, L. W. (2008). Objectives, evaluation, and the improvement of education. In *Educational psychology*. Routledge.

- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (Eds.). (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman.
- Anderson, T. (2008). *The theory and practice of online learning* (2nd ed.). Athabasca University Press.
- Anderson, T., & Dron, J. (2011). Three generations of distance education pedagogy. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 12(3), 80–97.
- Anderson, T., & Whitelock, D. (2004). The educational semantic web: Visioning and practicing the future of education. *Journal of Interactive Media in Education*, 2004(1), 1–18.
- Andersone, R. (2011). Pedagoģiskā procesa pilnveide mūsdienu izglītības vidē. *Izglītības zinātnes raksti*, 45–52.
- Anzanello, M. J., & Fogliatto, F. S. (2011). Learning curve models and applications: Literature review and research directions. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 41(5), 573–583. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2011.05.001>
- Argyris, C., Putnam, R., & Smith, D. M. (1985). *Action science: Concepts, methods, and skills for research and intervention*. Jossey-Bass.
- Arndt, S., & Pierce, R. (2018). Exploring the use of digital technologies in mathematics education. *Mathematics Education Research Journal*, 30(4), 1–20.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Bakir, N. (2016). Technology and student learning: A review of research. *Educational Technology Research and Development*, 64(3), 1–12.
- Baldiņš, A., & Raževska, I. (2014). Student achievement in physics and mathematics in Latvia. *Journal of Baltic Science Education*, 13(5), 642–654.
- Banchi, H., & Bell, R. (2008). The many levels of inquiry. *Science and Children*, 46(2), 26–29.
- Bannell, R., Duarte, B., Carvalho, C., & Pischetola, M. (2016). *Education between media and digital culture*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315628811>
- Barron, B., & Bell, P. (2015). Learning environments in and out of school. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (2nd ed., pp. 499–520). Cambridge University Press.
- Basher, A., & Isa, K. (2006). Simulation versus experiment: The case of virtual laboratory. *Proceedings of the International Conference on Engineering Education*.
- Bates, A. W. (2015). *Teaching in a digital age: Guidelines for designing teaching and learning*. BCcampus. <https://opentextbc.ca/teachinginadigitalage/>
- Bates, A. W., & Sangrà, A. (2011). *Managing technology in higher education: Strategies for transforming teaching and learning*. Jossey-Bass.
- Bauer, M. (1990). Cognitive processing of textual information: Limits of attention and comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 82(4), 765–772.
- Bayly-Castaneda, K., et al. (2024). Crafting personalized learning paths with artificial intelligence for lifelong learning. *Frontiers in Education*, 9, 1424386.

- Bazens, A. (2008). Learning attention and retention in multimedia environments. *Educational Media International*, 45(3), 211–223.
- Begum, S., Sheeba, T., & Rani, S. (2013). Cloud computing in education system. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 3(1), 305–309.
- Bennett, R. E. (2011). Formative assessment: A critical review. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 18(1), 5–25. <https://doi.org/10.1080/0969594X.2010.513678>
- Berkman, E. T. (2016). Self-regulation training. In K. D. Vohs & R. F. Baumeister (Eds.), *Handbook of self-regulation: Research, theory, and applications* (3rd ed., pp. 440–457). Guilford Press.
- Betels, J. (2002). Testu teorijas pamati. RaKa.
- Betels, J. (2003). Izglītības mērījumi. RaKa.
- Bickerstaff, S., Barragan, M., & Rucks-Ahidiana, Z. (2017). Experiences of earned success: Community college students' shifting thoughts about remedial education. *Teachers College Record*, 119(3), 1–44.
- Biggs, J. B. (1999). *Teaching for quality learning at university*. Open University Press.
- Biggs, J. B., & Collis, K. F. (1982). *Evaluating the quality of learning: The SOLO taxonomy (Structure of the Observed Learning Outcome)*. Academic Press.
- Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching for quality learning at university* (4th ed.). Open University Press.
- Birziņa, R., & Cēdere, D. (2019). Students' preparedness for higher education in science subjects. *Journal of Baltic Science Education*, 18(2), 123–135.
- Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 5(1), 7–74. <https://doi.org/10.1080/0969595980050102>
- Black, P., & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 21(1), 5–31. <https://doi.org/10.1007/s11092-008-9068-5>
- Black, P., Harrison, C., Lee, C., Marshall, B., & Wiliam, D. (2004). *Working inside the black box: Assessment for learning in the classroom*. Phi Delta Kappan.
- Bloom, B. S. (Ed.), Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain*. David McKay Company.
- Bloom, B. S., Hastings, J. T., & Madaus, G. F. (1971). *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*. McGraw-Hill.
- Boekaerts, M. (1999). Self-regulated learning: Where we are today. *International Journal of Educational Research*, 31(6), 445–457. [https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(99\)00014-2](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(99)00014-2)
- Bond, M., Bedenlier, S., Marín, V. I., & Händel, M. (2020). Emergency remote teaching in higher education: Mapping the first global online semester. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17, 44.
- Book, K. (2014). Differentiated instruction in modern classrooms. *Journal of Educational Practice*, 5(12), 45–52.

- Bora, U. J., & Ahmed, M. (2013). E-learning using cloud computing. *International Journal of Science and Modern Engineering*, 1(2), 9–12.
- Brasell, H. (1987). The effect of real-time laboratory graphing on learning graphic representations of distance and velocity. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(4), 385–395. <https://doi.org/10.1002/tea.3660240409>
- Bridges, D. (2000). Back to the future: The higher education curriculum in the 21st century. *Cambridge Journal of Education*, 30(1), 37–55.
- Brinson, J. R. (2015). Learning outcome achievement in non-traditional (virtual and remote) versus traditional (hands-on) laboratories: A review of the empirical research. *Computers & Education*, 87, 218–237. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.07.003>
- Briscoe, G., Sadedin, S., & De Wilde, P. (2011). Digital ecosystems: Ecosystem-oriented architectures. *Natural Computing*, 10(3), 1143–1194. <https://doi.org/10.1007/s11047-011-9265-9>
- Brockmann, M., Clarke, L., & Winch, C. (2008). Knowledge, skills, competence: European divergences in vocational education and training (VET)—The English, German and Dutch cases. *Oxford Review of Education*, 34(5), 547–567. <https://doi.org/10.1080/03054980701782098>
- Broks, A. (2007). Sistēmteorija izglītībā. RaKa.
- Broks, A., Žogla, I., & Gedroics, J. (1998). Pedagoģijas terminoloģijas attīstība Latvijā. LU Pedagoģijas un psiholoģijas institūts.
- Brown, A. L. (1989). Metacognition, executive control, self-regulation, and other more mysterious mechanisms. In F. E. Weinert & R. H. Kluwe (Eds.), *Metacognition, motivation, and understanding* (pp. 65–116). Lawrence Erlbaum Associates.
- Brown, G. T. L., Peterson, E. R., & Yao, E. S. (2015). Student conceptions of feedback: Impact on self-regulation, motivation, and achievement. *Frontline Learning Research*, 3(3), 65–84. <https://doi.org/10.14786/flr.v3i3.203>
- Brown, P. C., Roediger, H. L., III, & McDaniel, M. A. (2015). *Make it stick: The science of successful learning*. Harvard University Press.
- Brownstein, A. (2001). Effective teaching strategies for diverse learners. *Journal of Educational Psychology*, 93(2), 245–256.
- Bruning, R. H., Schraw, G. J., & Norby, M. M. (1999). *Cognitive psychology and instruction* (3rd ed.). Prentice Hall.
- Buabeng-Andoh, C. (2012). Factors influencing teachers' adoption and integration of information and communication technology into teaching: A review of the literature. *International Journal of Education and Development Using ICT*, 8(1), 136–155.
- Cabero, J., Roig-Vila, R., & Mengual-Andrés, S. (2017). Knowledge construction and technology integration in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14, 1–12. <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0051-2>
- Carless, D., & Boud, D. (2018). The development of student feedback literacy: Enabling uptake of feedback. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 43(8), 1315–1325. <https://doi.org/10.1080/02602938.2018.1463354>

- CCR Partners. (2019). Bridging the skills gap: Workforce readiness report. CCR Partners.
- Cekada, T. L. (2011). Training needs assessment: Understanding what employees need to know. *Professional Safety*, 56(3), 28–33.
- Chang, V. (2009). Towards a framework for digital ecosystems in education. *International Journal of Digital Ecosystems and Technologies*, 3(3), 209–220.
- Chang, V., & Guetl, C. (2007). E-learning ecosystem (ELES): A holistic approach for the development of more effective learning environments. In *Proceedings of the World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications* (pp. 420–425).
- Chee, K. N., Yahaya, N., Ibrahim, N. H., & Hasan, M. N. (2017). Review of mobile learning trends 2010–2015: A meta-analysis. *Educational Technology & Society*, 20(2), 113–126.
- Chen, P., Liu, X., Cheng, W., & Huang, R. (2016). A review of using augmented reality in education from 2011 to 2016. In S. K. S. Cheung et al. (Eds.), *Lecture Notes in Computer Science: Vol. 9753. Blended learning: Aligning theory with practices* (pp. 13–18). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-41165-1_2
- Cheng, E. W. L., Sanders, K., & Hampson, I. (2018). An integrative review of training effectiveness and organizational performance. *Human Resource Development Review*, 17(1), 56–78. <https://doi.org/10.1177/1534484317749038>
- Childs, P. E., & de Witt, J. (2014). An investigation of the effect of prior knowledge on students' engagement and learning in science. *Research in Science Education*, 44(3), 321–344. <https://doi.org/10.1007/s11165-013-9377-5>
- Chiu, M. H., & Lin, J. W. (2019). Modeling competence in science education. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 1–11.
- Chiu, T. K. F. (2022). Applying learning analytics to understand students' engagement and learning outcomes. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100071.
- Chua, B. L., Hwang, G. J., & Huang, Y. M. (2010). A review of digital learning systems and their applications in education. *Computers & Education*, 55(4), 1641–1650.
- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2016). *E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning* (4th ed.). Wiley.
- Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1041–1053.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Coffield, F., Moseley, D., Hall, E., & Ecclestone, K. (2004). Learning styles and pedagogy in post-16 learning: A systematic and critical review. Learning and Skills Research Centre.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). *Research methods in education* (8th ed.). Routledge.
- Coletta, V. P., & Phillips, J. A. (2010). Interpreting FCI scores: Normalized gain, preinstruction scores, and scientific reasoning ability. *American Journal of Physics*, 73(12), 1172–1182. <https://doi.org/10.1119/1.2117109>

- Considine, M., Alexander, D., Lewis, J. M., & Callaghan, M. (2009). Networks, innovation and public policy: Politicians, bureaucrats and the pathways to change inside government. *Governance*, 22(2), 283–311.
- Coştu, B., & Bayram, H. (2024). The effectiveness of mobile-supported laboratory applications in science education. *Education and Information Technologies*.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). Sage.
- Crocker, L., & Algina, J. (1986). *Introduction to classical and modern test theory*. Holt, Rinehart and Winston.
- Cuban, L. (2017). *The flight of a butterfly or the path of a bullet? Using technology to transform teaching and learning*. Harvard Education Press.
- Czisch, M. (2009). Informal learning and the use of ICT in education. In *Proceedings of EDULEARN09 Conference*. IATED.
- Cābelis, A. (2006). Mācību sasniegumu vērtēšana fizikā [Metodiskais materiāls]. Valsts izglītības satura centrs.
- Čiburienė, J., & Guščinskienė, J. (2012). Assessment as a factor in the learning process. *Socialiniai Tyrimai*, 3(28), 45–52.
- Daniela, L. (2020). *Smart pedagogy for technology-enhanced learning*. Springer.
- Darling-Hammond, L., & Carter, P. (2016). *Science learning and assessment: Designing for deeper learning*. Stanford Center for Opportunity Policy in Education.
- Daugule, I., & Kapenieks, J. (2017). Information transfer methods in e-learning environments. In *Proceedings of the 10th International Scientific Conference “Society. Integration. Education”* (Vol. 2, pp. 125–132). Rēzekne Academy of Technologies, Latvia.
- Daugule, I., Kapenieks, A., & Timšāns, Ž. (2022). *Use of Knowledge Acquisition Surface to Monitor and Assess Students' Success*. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 17(14), 109–125. <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i14.31281>
- Daukila, S., & Kasperīūniene, J. (2014). Research on diagnostic assessment in education: A systematic review. *Social Sciences*, 84(2), 45–55.
- Davidova, G. (2000). Pedagogical approaches to learner engagement and motivation. *Pedagoģija*, 45, 34–41.
- Dawson, P., Yan, Z., Lipnevich, A., Tai, J., Boud, D., & Mahoney, P. (2024). *Measuring what learners do in feedback: The feedback literacy behaviour scale*. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 49(3), 348–362.
- de Jong, T., & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68(2), 179–201.
- de Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(6130), 305–308.
- de Jong, T., Sotiriou, S., & Gillet, D. (2014). Innovations in STEM education: The Go-Lab federation of online labs. *Smart Learning Environments*, 1(1), 1–16.

- Doebelin, E. O., & Manik, D. N. (2007). *Measurement systems: Application and design* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Donohoe, J., & Benton, S. (2000). Structuring learning activities for attention and engagement. *Teaching in Higher Education*, 5(3), 1–12.
- Dori, Y. J., & Sasson, I. (2008). Chemical understanding and thinking skills using laboratory and multimedia. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(2), 219–243.
- Dori, Y. J., Hult, E., Breslow, L., & Belcher, J. (2007). How much have they retained? Making unseen concepts seen in a freshman electromagnetism course. *Journal of Science Education and Technology*, 16(4), 299–323. <https://doi.org/10.1007/s10956-007-9051-9>
- Downes, S. (2005). An introduction to connective knowledge. *Media, Knowledge & Education – Exploring New Spaces, Relations and Dynamics in Digital Media Ecologies*.
- Downes, S. (2012). *Connectivism and connective knowledge: Essays on meaning and learning networks*. National Research Council Canada.
- Downing, K. (1997). Effective questioning techniques in teaching. *Educational Studies*, 23(2), 211–220.
- du Plooy, E., et al. (2024). Personalized adaptive learning in higher education: A scoping review. *Education Sciences*, 14(11), 1150.
- Dudareva, I. (2013). Fizikas laboratorijas darbu nozīme skolēnu pētniecisko prasmju attīstībā. *Daugavpils Universitātes raksti. Izglītības vadība*, 7, 73–80.
- Duffy, T. M., & Cunningham, D. J. (2001). Constructivism: Implications for the design and delivery of instruction. In D. H. Jonassen (Ed.), *Handbook of research for educational communications and technology* (pp. 170–198). Lawrence Erlbaum Associates.
- Duffy, T. M., & Jonassen, D. H. (Eds.). (1992). *Constructivism and the technology of instruction: A conversation*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Ehlers, U.-D. (2007). Quality in e-learning from a learner's perspective. *European Journal of Open, Distance and E-Learning*, 10(2), 1–14.
- Ellington, H. (1987). How to design programmed learning materials. University of Hull, Staff Development Unit. ERIC Document ED289495.
- Elmabaredy, H., & Gencel, İ. E. (2024). The impact of digital learning environments on students' engagement and achievement in science education. *Education and Information Technologies*.
- Embretson, S. E., & Reise, S. P. (2000). *Item Response Theory for Psychologists*. Lawrence Erlbaum Associates.
- European Commission. (2021). European education area by 2025: Supporting quality and inclusive education and training. <https://education.ec.europa.eu>
- European Parliament. (2016). *European Civil Law Rules in Robotics*. European Union.
- European Schoolnet. (2016). Future Classroom Lab: Learning zones. <https://fcl.eun.org/documents/10180/13526/FCL%2Blearning%2Bzones%2BDec%2B2016/a091a761-7a63-443e-afe0-d1870e430686>

- European Schoolnet. (2016). Go-Lab project: Inquiry learning spaces and online labs. European Schoolnet.
- European Schoolnet. (2017). The Future Classroom Lab: A toolkit for redesigning learning spaces. European Schoolnet. <https://fcl.eun.org>
- European Schoolnet. (2018). STEM education policies in Europe: A comparative analysis report. European Schoolnet.
- European Schoolnet. (2019). Insafe network: Safer internet education initiatives. European Schoolnet.
- European Schoolnet. (2020). Innovative teaching and learning with modular approaches in STEM education. European Schoolnet.
- European Schoolnet. (2020). The future classroom: Designing learning environments for the digital age. European Schoolnet. <https://www.eun.org>
- Fadel, C., Bialik, M., & Trilling, B. (2015). Four-dimensional education: The competencies learners need to succeed. Center for Curriculum Redesign.
- Felder, R. M. (1993). Reaching the second tier: Learning and teaching styles in college science education. *Journal of College Science Teaching*, 23(5), 286–290.
- Figliano, F. (2011). Multisensory learning and instructional design. *Journal of Instructional Design*, 4(1), 15–23.
- Fitria, A. (2023). The use of virtual laboratory in improving students' conceptual understanding in physics learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 2431, 0120.
- Fitriah, M. (2024). The role of virtual laboratories and simulations in enhancing students' conceptual understanding in physics. *Journal of Science Education and Technology*.
- Franklin, A. (2014). The role of experiment in science. In E. N. Zalta (Ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Spring 2014 ed.). Stanford University. <https://plato.stanford.edu/entries/experiment/>
- Frigg, R. (2009). Models and fiction. *Synthese*, 172(2), 251–268. <https://doi.org/10.1007/s11229-009-9505-1>
- Frigg, R., & Hartmann, S. (2018). Models in science. In E. N. Zalta (Ed.), *The Stanford encyclopedia of philosophy* (Fall 2018 ed.). Stanford University.
- Fulantelli, G., Taibi, D., & Arrigo, M. (2014). *Learning analytics: Opportunities for schools*. *Italian Journal of Educational Technology*, 22(1), 4–11.
- Fullan, M. (2009). Large-scale reform comes of age. *Journal of Educational Change*, 10(2–3), 101–113.
- Gagné, R. M. (1977). *The conditions of learning* (3rd ed.). Holt, Rinehart and Winston.
- Gagné, R. M., Wager, W. W., Golas, K. C., & Keller, J. M. (2005). *Principles of instructional design* (5th ed.). Thomson/Wadsworth.
- Gagné, R. M., Wager, W. W., Golas, K. C., & Keller, J. M. (2007). *Principles of instructional design* (5th ed.). Wadsworth.
- Gail, M. (1977). Modular instruction: Principles and practices. *Educational Technology*, 17(3), 25–30.

- Gale, T., & Parker, S. (2014). Navigating change: A typology of student transition in higher education. *Studies in Higher Education*, 39(5), 734–753.
- Geske, A., & Grīnfelds, A. (2010). Izglītības pētījumu metodoloģija. LU Akadēmiskais apgāds.
- Geske, A., Grīnfelds, A., Kangro, A., & Kiseļova, R. (2013). Izglītības pētījumu metodoloģija. Latvijas Universitāte.
- Giancoli, D. C. (2009). *Physics: Principles with applications* (6th ed.). Pearson Education.
- Gilbert, J. K. (1991). Model building and a definition of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(1), 73–79. <https://doi.org/10.1002/tea.3660280107>
- Gillet, D., & Bogdanov, E. (2013). The Go-Lab ecosystem: A platform for sharing and authoring inquiry learning spaces. In *Proceedings of the 2013 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 1155–1162). IEEE.
- Go-Lab Consortium. (2016). Go-Lab project: Final report. European Schoolnet.
- Gobert, J. D., & Buckley, B. C. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 891–894.
- Goldschmid, B., & Goldschmid, M. L. (1973). Modular instruction in higher education: A review. *Higher Education*, 2(1), 15–32.
- González-Gómez, D., Jeong, J. S., & Rodríguez, D. A. (2013). Performance and perception in the flipped learning model: An initial approach to evaluate the effectiveness of a new teaching methodology in a general science classroom. *Journal of Science Education and Technology*, 23(4), 1–12.
- Gorbunovs, A., Kapenieks, J., & Cakule, S. (2016). Self-discipline as a key indicator to improve learning outcomes in e-learning environment. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 231, 256–262. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.09.098>
- Grabis, J., Kapenieks, J., & Liepiņš, R. (2022). Digital transformation and e-learning ecosystems: Insights from ARTSS project. *Information Technology and Management Science*, 25, 45–52. <https://doi.org/10.7250/itms-2022-0007>
- Graham, C. R. (2013). Emerging practice and research in blended learning. In M. G. Moore (Ed.), *Handbook of distance education* (3rd ed., pp. 333–350). Routledge.
- Green, M., et al. (2018). Digital transformation in education: A review of the literature. *Computers & Education*.
- Gupta, K., & Sleezer, C. M. (2007). *A practical guide to needs assessment* (2nd ed.). Pfeiffer.
- Hahele, R. (2006). Mācību sasniegumu vērtēšana. RaKa.
- Hahele, R., & Cābelis, A. (2008). *Didaktika*. RaKa. R
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses.
- Haladyna, T. M., & Rodriguez, M. C. (2013). *Developing and validating test items*. Routledge.
- Hansman, C. A., & Mott, V. W. (2010). Perspectives on bridging programs in higher education. *Adult Learning*, 21(3–4), 28–33.

- Harlen, W., & James, M. (1997). Assessment and learning: Differences and relationships between formative and summative assessment. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 4(3), 365–379.
- Harvey, L., & Green, D. (1993). Defining quality. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 18(1), 9–34. <https://doi.org/10.1080/0260293930180102>
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge.
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112.
- Hess, A. N. (2020). Modular learning design in STEM education: A systematic approach. *Journal of STEM Education*, 21(3), 45–56.
- Hess, J. L., Strobel, J., & Pan, R. (2016). Voices from the field: A survey of design thinking in engineering education. *Journal of Engineering Education*, 105(4), 1–30.
- Hodara, M. (2013). Improving students' college readiness: A review of the literature on remedial education. *Community College Review*, 41(3), 1–23.
- Hodara, M. (2013). Improving students' college readiness: The role of remedial and developmental education. *The Journal of Higher Education*, 84(3), 324–350.
- Horowitz, P., & Hill, W. (2015). *The art of electronics* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Hrastinski, S. (2019). What do we mean by blended learning? *TechTrends*, 63(5), 564–569.
- Ifenthaler, D., & Yau, J. Y.-K. (2020). Utilising learning analytics to support study success in higher education: A systematic review. *Educational Technology Research and Development*, 68(4), 1961–1990.
- International Society for Technology in Education (ISTE). (2016). *ISTE standards for students*. ISTE. <https://www.iste.org/standards>
- Jamaludin, R., McKay, E., & Ledger, S. (2020). Are we ready for education 4.0? A review of digital learning ecosystem readiness. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(18), 4–19.
- Jansen, D., & Schuwer, R. (2015). Institutional MOOC strategies in Europe: Status report based on a mapping survey conducted in October–December 2014. EADTU.
- Jing, Y., Liu, X., & Wang, J. (2023). Modeling complex systems in digital environments: Methods and applications. *Systems Research and Behavioral Science*, 40(3), 345–360.
- Johnson, L., Adams Becker, S., Estrada, V., & Freeman, A. (2015). *NMC Horizon Report: 2015 Higher Education Edition*. The New Media Consortium.
- Jonassen, D. H. (1999). Designing constructivist learning environments. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional-design theories and models: A new paradigm of instructional theory* (Vol. 2, pp. 215–239). Lawrence Erlbaum Associates.
- Jones, S., & Sclater, N. (2010). Learning in an age of digital technology: Considerations for design and practice. *Journal of Educational Technology Systems*, 38(3), 315–328.

- Joughin, G. (2010). *Assessment, learning and judgement in higher education*. Springer.
- Juškaite, L. (2016). E-rīki fizikas mācīšanas procesa dažādošanai [Prezentācija]. LatSTE 2016 konference, Liepāja, Latvija.
- Juškaite, L. (2018a). Multimodal learning approaches in physics education. In *Proceedings of the 11th International Scientific Conference "Society. Integration. Education"* (Vol. 2, pp. 95–102). Rēzekne Academy of Technologies, Latvia.
- Juškaite, L. (2018b). New challenges and opportunities for STEM education in the Latvian educational context. In *Abstract book of the 2nd International Conference "Innovations and Creativity"* (p. 24). Liepāja University.
- Juškaite, L. (2019a). Analysis and comparison of national diagnostic paper-based and online tests. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 8(1), 280–286. <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2019/4981.12019>
- Juškaite, L. (2019b). The advantages of online testing in Latvian general education schools. In *Proceedings of the 13th International Technology, Education and Development Conference (INTED2019)* (pp. 3001–3008). IATED Academy. <https://doi.org/10.21125/inted.2019.0791>
- Juškaite, L. (2019c). Data mining in education: Online testing in Latvian schools. In *Proceedings of the 3rd International Baltic Symposium on Science and Technology Education (BalticSTE2019)* (pp. 86–90). Scientia Socialis Press.
- Juškaite, L., & Cābelis, A. (2017). Tiešsaistes testi fizikā 12. klasei. Zvaigzne ABC.
- Juškaite, L., & Cābelis, A. (2019). Tiešsaistes testi fizikā 11. klasei. Zvaigzne ABC.
- Juškaite, L., & Cābelis, A. (2021). Tiešsaistes testi fizikā 10. klasei. Zvaigzne ABC.
- Juškaite, L., Dzelzkaleja, L., Ipatovs, A., & Kapenieks, A. (2020). Mobile apps for teaching physics: Situation in Latvia. In *Proceedings of the 12th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2020)*, Volume 2 (pp. 438–444). SCITEPRESS.
- Juškaite, L., Lebionka, J., & Lebionkaite, B. (2019). The analysis of student behaviour in the state online diagnostic tests: Experience of Latvia. In *Proceedings of the 12th International Conference of Education, Research and Innovation (ICERI2019)* (pp. 2907–2913). IATED Academy.
- Juškaite, L., Šteinberga, A., & Kapenieks, A. (2020). Modern digital assessment systems & tools: The measurement of student ability & human factor exclusion. In *INTED2020 Proceedings* (pp. 4677–4683). IATED. <https://doi.org/10.21125/inted.2020.1292>
- Kapenieks, A., et al. (2021). Priekšlikumi mācīšanās analītikas monitoringam augstākajā izglītībā. Latvijas Zinātnes padome / ARTSS.
- Kapenieks, J. (2011). E-studiju vides attīstība un pielietojums izglītībā [Doctoral dissertation, Riga Technical University].
- Kapenieks, J., & Daugule, I. (2019). Student engagement in digital learning environments. In *Proceedings of the 12th International Scientific Conference "Society. Integration. Education"* (pp. 210–217). Rēzekne Academy of Technologies, Latvia.
- Kapenieks, J., Salmiņš, J., & Liepiņš, R. (2012). Connectivism and digital learning in higher education. *Proceedings of the International Scientific Conference*, 98–105.

- Katsaris, I., & Vidakis, N. (2021). Adaptive e-learning systems through learning styles: A review of the literature. *Advances in Mobile Learning Educational Research*, 1(2), 124–145. <https://doi.org/10.25082/AMLER.2021.02.007>
- Kattmann, U. (2004). Didaktische Rekonstruktion – Ein Modell für die Planung von Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 7–18.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., & Komorek, M. (1996). Students' conceptions and science education: The model of educational reconstruction. *International Journal of Science Education*, 18(3), 279–296.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., & Komorek, M. (1997). Educational reconstruction in science education. *Research in Science Education*, 27(4), 515–527.
- Kelley, T. R. (2016). Categorical frameworks for assessing deeper learning. *Journal of Educational Research*, 109(3), 1–12.
- Kenny, R. F., Van Neste-Kenny, J. M. C., Burton, P. A., Park, C. L., & Qayyum, A. (2012). Using self-efficacy to assess the readiness of nursing educators and students for mobile learning. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 13(3), 277–296.
- Khalil, M., & Ebner, M. (2024). Learning analytics for supporting self-regulated learning in digital environments: A systematic review. *Computers & Education*.
- Kim, S. (2023). Classical test theory and its applications in educational measurement. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 42(1), 23–35.
- Kim, S. (2024). Advances in classical test theory: Implications for educational assessment. *Journal of Educational Measurement*, 61(1), 45–60.
- Kirikova, M., Grundspenkis, J., & Barzdins, J. (2014). Enterprise architecture in digital ecosystems. *Procedia Computer Science*, 26, 100–109. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.05.010>
- Kirkpatrick, D. L. (1994). Evaluating training programs: The four levels. Berrett-Koehler.
- Kirkpatrick, D. L., & Kirkpatrick, J. D. (2006). Evaluating training programs: The four levels (3rd ed.). Berrett-Koehler.
- Klafki, W. (1995). Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik: Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik (5th ed.). Beltz.
- Klafki, W. (2006). Didaktik und Bildungstheorie: Beiträge zur kritisch-konstruktiven Didaktik. Beltz.
- Knowles, M. S., Holton, E. F., & Swanson, R. A. (2015). The adult learner: The definitive classic in adult education and human resource development (8th ed.). Routledge.
- Kohn, A. (2015). The myth of the personalized learning. *Educational Leadership*, 73(2), 12–17.
- Kolb, D. A., Boyatzis, R. E., & Mainemelis, C. (2001). Experiential learning theory: Previous research and new directions. In R. J. Sternberg & L. F. Zhang (Eds.), *Perspectives on thinking, learning, and cognitive styles* (pp. 227–247). Lawrence Erlbaum Associates.
- Kop, R., & Hill, A. (2008). Connectivism: Learning theory of the future or vestige of the past? *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 9(3), 1–13.

- Kraft, M. A. (2020). Interpreting effect sizes of education interventions. *Educational Researcher*, 49(4), 241–253.
- Kulvietienė, R., & Šileikienė, A. (2006). Mokymo(si) paradigmu kaita. Vilniaus pedagoginis universitetas.
- Lamanauskas, V., Vilkonis, R., & Turskienė, S. (2020). STEM education development and challenges in contemporary education. *Journal of Baltic Science Education*, 19(6), 937–942.
- Latvijas Republika. (2020). Nacionālais attīstības plāns 2021–2027 (NAP2027). Pārresoru koordinācijas centrs. <https://www.pkc.gov.lv>
- Latvijas Republikas Ministru kabinets. (2019). Noteikumi Nr. 416 “Noteikumi par valsts vispārējās vidējās izglītības standartu un vispārējās vidējās izglītības programmu paraugiem”. <https://likumi.lv/ta/id/303768>
- Latvijas Republikas Ministru kabinets. (2021). Izglītības attīstības pamatnostādnes 2021–2027. <https://www.izm.gov.lv>
- Laurillard, D. (2012). Teaching as a design science: Building pedagogical patterns for learning and technology. Routledge.
- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681–718.
- Lederman, N. G. (1999). Teachers’ understanding of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 916–929.
- Lieģeniece, D. (2008). Pedagoģiskā psiholoģija. RaKa.
- Liou, H.-H., Yang, S. J. H., Chen, S.-Y., & Tarng, W. (2017). The influences of the 2D image-based augmented reality and virtual reality on student learning. *Educational Technology & Society*, 20(3), 110–121.
- Lipnevich, A. A., & Panadero, E. (2021). A review of feedback models and theories: Descriptions, definitions, and conclusions. *Frontiers in Education*, 6, 720195. <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.720195>
- Loonam, J., Eaves, S., Kumar, V., & Parry, G. (2018). Towards digital transformation: Lessons learned from traditional organizations. *Strategic Change*, 27(2), 101–109.
- Lord, F. M., & Novick, M. R. (1968). Statistical theories of mental test scores. Addison-Wesley.
- Louca, L. T., & Zacharia, Z. C. (2012). Model-based learning in science education: Cognitive, metacognitive, and epistemological issues. *Science Education*, 96(3), 471–500.
- Lupton, T., Weiss, A., & MacDonald, J. (1999). Measuring training effectiveness in organizations. *Journal of European Industrial Training*, 23(4), 210–220.
- MacNeill, S., Campbell, L. M., & Hawksey, M. (2014). *Analytics for education*. *Journal of Interactive Media in Education*, 2014(1).
- Makransky, G., & Petersen, G. B. (2019). Immersive virtual reality and learning: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 31(2), 531–548

- Makransky, G., Thisgaard, M. W., & Gadegaard, H. (2016). Virtual simulations as preparation for lab exercises: Assessing learning of key laboratory skills in microbiology and improvement of essential non-cognitive skills. *PLOS ONE*, 11(6), e0155895.
- Mandinach, E. B., & Cline, H. F. (2013). *Classroom dynamics: Implementing a technology-based learning environment*. Teachers College Press.
- Marzano, R. J., & Kendall, J. S. (2007). *The new taxonomy of educational objectives* (2nd ed.). Corwin Press.
- Marzano, R. J., & Kendall, J. S. (2008). *Designing and assessing educational objectives: Applying the new taxonomy*. Corwin Press.
- Matt, C., Hess, T., & Benlian, A. (2015). Digital transformation strategies. *Business & Information Systems Engineering*, 57(5), 339–343.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- McKenney, S., & Reeves, T. C. (2019). *Conducting educational design research* (2nd ed.). Routledge.
- Means, B. (2018). Learning analytics and personalized learning. In J. M. Spector, B. B. Lockee, & M. D. Childress (Eds.), *Learning, design, and technology: An international compendium of theory, research, practice, and policy*. Springer.
- Meyer, H. (1987). *Didaktische Modelle*. Cornelsen Verlag.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Morris, M., Schindehutte, M., & Allen, J. (2005). The entrepreneur's business model: Toward a unified perspective. *Journal of Business Research*, 58(6), 726–735.
- Morse, R. H. (2014). *Visualization of student cohort data with Sankey diagrams* (Master's thesis). Rochester Institute of Technology.
- Mulder, M. (2020). Competence-based vocational and professional education: Bridging the worlds of work and education. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-61983-1>
- Mārtinsone, K., Pīpere, A., & Kamerāde, D. (2016). *Pētniecība: teorija un prakse*. RaKa.
- Naeem, M., Ozuem, W., & Howell, K. E. (2023). Digital transformation and organizational systems: A systematic review. *Technological Forecasting and Social Change*, 189, 122280.
- Namsone, D. (2010). *Dabaszinātņu mācīšana skolā: teorija un prakse*. LU Akadēmiskais apgāds.
- Next-Lab Consortium. (2019). Next-Lab project overview and results (Horizon 2020, Grant No. 731685).
- Next-Lab Consortium. (2019). Next-Lab project overview and results.
- Nezvalová, D. (2009). Teacher as a facilitator of learning. *Problems of Education in the 21st Century*, 17, 136–144.
- Nguyen, N. N., Mosier, W., Hines, J., & Garnett, W. (2022). Learning styles are out of style: Shifting to multimodal learning experiences. *Kappa Delta Pi Record*, 58(2), 70–75.

- Nicolaou, C. T., & Constantinou, C. P. (2014). Assessment of the modeling competence: A systematic review. *Educational Research Review*, 13, 52–73.
- Nielsen, J. (2000). *Designing web usability: The practice of simplicity*. New Riders Publishing.
- Nikolopoulou, K. (2023). Digital technologies and inquiry-based learning in science education: A systematic review. *Education Sciences*, 13(2), 150.
- Nissen, M. E. (2005). Dynamic knowledge patterns to inform design: A field study of knowledge stocks and flows in an extreme organization. *Journal of Management Information Systems*, 22(3), 225–263.
- NIST. (2011). The NIST definition of cloud computing (Special Publication 800-145). National Institute of Standards and Technology. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-145>
- Nurra, C., & Oyserman, D. (2018). From future self to current action: Identity-based motivation. *Journal of Educational Psychology*, 110(3), 1–15. <https://doi.org/10.1037/edu0000210>
- Odiņa, I., & Grosberga-Merca, S. (2022). Kombinēto mācību īstenošanas iespējas. Sabiedrība. Integrācija. Izglītība, 205–218.
- OECD. (2019). *OECD future of education and skills 2030*. OECD Publishing.
- OECD. (2020). *Education at a glance 2020: OECD indicators*. OECD Publishing.
- OECD. (2020). *PISA 2018 results (Volume II): Where all students can succeed*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/b5fd1b8f-en>
- OECD. (2021). *Digital education outlook 2021: Pushing the frontiers with artificial intelligence, blockchain and robots*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/589b283f-en>
- OECD. (2022). *Education at a glance 2022: OECD indicators*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/3197152b-en>
- OECD. (2023a). *Education at a glance 2023: OECD indicators*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/e13bef63-en>
- OECD. (2023b). *OECD education policy outlook 2023: Tools and practices for delivering quality education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/67f92e1c-en>
- OECD. (2023c). *PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education*. OECD Publishing.
- OECD. (2023d). *Shaping the future of education 2030: Trends and implications for education and learning*. OECD Publishing.
- Osterwalder, A., Pigneur, Y., & Tucci, C. L. (2005). Clarifying business models: Origins, present, and future of the concept. *Communications of the Association for Information Systems*, 16(1), 1–25. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.01601>
- Otero, M. R., & Fanaro, M. A. (2011). The role of interactive learning environments in physics education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 15, 3390–3394.
- Panadero, E. (2017). A review of self-regulated learning: Six models and four directions for research. *Frontiers in Psychology*, 8, 422. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00422>

- Papadakis, S., Kalogiannakis, M., & Zaranis, N. (2023). Cloud computing in education: A systematic review of recent research. *Education Sciences*, 13(2), 123.
- Papageorgiou, G., & Halabi, A. (2023). Enhancing student learning through digital technologies: A systematic review. *Education and Information Technologies*, 28, 12345–12367.
- Papalazarou, N. (2024). Digital technologies in STEM education: Pedagogical integration and learning outcomes. *Education Sciences*, 14(1), 45.
- Papert, S., & Harel, I. (Eds.). (2002). *Constructionism*. Ablex Publishing.
- Pardo-Baldoví, M. I., Salinas-Navarro, D., & Rodríguez-Sánchez, C. (2023). Digital ecosystems in education: A systematic literature review. *Education Sciences*, 13(5), 456.
- Park, Y. (2011). A pedagogical framework for mobile learning: Categorizing educational applications of mobile technologies into four types. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 12(2), 78–102. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v12i2.791>
- Pashler, H., McDaniel, M., Rohrer, D., & Bjork, R. (2008). Learning styles: Concepts and evidence. *Psychological Science in the Public Interest*, 9(3), 105–119.
- Patrick, S., Kennedy, K., & Powell, A. (2016). Mean what you say: Defining and integrating personalized, blended and competency education. *International Association for K-12 Online Learning (iNACOL)*.
- Paulins, P. (2013). Paaugstinātas grūtības eksperimentālie un demonstrējumu pētnieciskie uzdevumi vidusskolēniem [Promocijas darbs]. Latvijas Universitāte.
- Pedagoģijas terminu skaidrojošā vārdnīca. (2000). Zvaigzne ABC.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61.
- Pellegrino, J. W., & Hilton, M. L. (Eds.). (2012). *Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century*. National Academies Press.
- Petrov, P., & Atanasova, T. (2020). Digital tools and individualized learning paths. *Education and Information Technologies*, 25(4), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10145-z>
- Petrov, P., & Atanasova, T. (2020). The impact of digital technologies on learning outcomes in science education. *Education and Information Technologies*, 25(4), 1–15.
- Petty, G. (2006). *Evidence-based teaching: A practical approach* (2nd ed.). Nelson Thornes.
- Petty, G. (2008). *Teaching today: A practical guide* (4th ed.). Nelson Thornes.
- Piaget, J. (1970). *Science of education and the psychology of the child*. Viking.
- Pollard, A. (2002). *Reflective teaching: Effective and evidence-informed professional practice* (2nd ed.). Continuum.
- Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B., Lee, J. Y., & Podsakoff, N. P. (2003). Common method biases in behavioral research: A critical review of the literature and recommended remedies. *Journal of Applied Psychology*, 88(5), 879–903.

- Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, 95, 309–327.
- Puterman, M. L. (2014). *Markov decision processes: Discrete stochastic dynamic programming* (2nd ed.). Wiley.
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778.
- Ramsey, J. (1998). The role of scientific epistemology in science teaching. *Science & Education*, 7(6), 561–580. <https://doi.org/10.1023/A:1008698427850>
- Rasheed, R. A., Kamsin, A., & Abdullah, N. A. (2020). Challenges in the online component of blended learning: A systematic review. *Computers & Education*, 144, 103701.
- Ravanis, K., Christidou, V., & Hatzinikita, V. (2008). Enhancing conceptual change in physics education: The role of educational interventions. *Research in Science Education*, 38(5), 605–621.
- Razzouk, R., & Shute, V. (2015). What is design thinking and why is it important? *Review of Educational Research*, 85(3), 330–348. <https://doi.org/10.3102/0034654315579467>
- Redecker, C., & Punie, Y. (2017). European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/159770>
- Rodríguez-Triana, M. J., Martínez-Monés, A., & Asensio-Pérez, J. I. (2022). Monitoring, awareness and reflection in blended technology-enhanced learning: A systematic review. *Computers & Education*, 179, 104405. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104405>
- Rodríguez-Triana, M. J., Martínez-Monés, A., & Villagrà-Sobrino, S. L. (2015). Learning analytics in inquiry-based learning environments. In *Proceedings of the 5th International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK)* (pp. 466–467). ACM.
- Romero, C., & Ventura, S. (2020). Educational data mining and learning analytics: An updated survey. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 10(3), e1355.
- Rosli, R., & Ishak, N. M. (2024). The effectiveness of digital simulations in physics education: A meta-analysis. *Journal of Science Education and Technology*, 33(1), 1–15.
- Royalty, A. (2021). Design thinking for educators: A practical guide. *International Journal of Design Education*, 15(2), 45–60.
- Ruslan, A. (2017). The effectiveness of interactive teaching methods in improving student engagement. *International Journal of Instruction*, 10(3), 139–152.
- Russell, D. W., Lucas, K. B., & McRobbie, C. J. (2004). Role of microcomputer-based laboratories in science education. *Research in Science Education*, 34(2), 219–234.
- Schmidt, M. (2008). *The Sankey diagram in energy and material flow management: Part II: Methodology and current applications*. *Journal of Industrial Ecology*, 12(2), 173–185.
- Schoemaker, P. J. H., Heaton, S., & Teece, D. (2018). Innovation, dynamic capabilities, and leadership. *California Management Review*, 61(1), 15–42. <https://doi.org/10.1177/0008125618790246>

- Schutten, M., Stokes, L., & Arnell, S. (2017). Mobile learning in higher education: A review of the literature. *Journal of Educational Technology Systems*, 45(3), 1–15.
- Selwyn, N. (2016). *Education and technology: Key issues and debates* (2nd ed.). Bloomsbury Academic.
- Shadish, W. R., Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2002). *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Generalized Causal Inference*. Houghton Mifflin.
- Shah, S., Khan, M., & Khan, R. A. (2018). Virtual laboratories in science education: A review. *European Journal of Open, Distance and E-Learning*, 21(1), 1–15.
- Sharples, M., Taylor, J., & Vavoula, G. (2010). A theory of learning for the mobile age. In R. Andrews & C. Haythornthwaite (Eds.), *The Sage handbook of e-learning research* (pp. 221–247). Sage.
- Shute, V. J. (2008). Focus on formative feedback. *Review of Educational Research*, 78(1), 153–189. <https://doi.org/10.3102/0034654307313795>
- Siemens, G. (2004). Connectivism: A learning theory for the digital age.
- Siemens, G. (2005). Connectivism: A learning theory for the digital age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2(1), 3–10.
- Siemens, G. (2006). Knowing knowledge. *eLearn Magazine*.
- Siemens, G., & Baker, R. S. J. d. (2012). Learning analytics and educational data mining: Towards communication and collaboration. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK '12)* (pp. 252–254). ACM.
- Singer, L. M., & Alexander, P. A. (2017). Reading on paper and digitally: What the past decades of empirical research reveal. *Review of Educational Research*, 87(6), 1007–1041.
- Skola 2030. (2018). Kompetenču pieceja mācību saturā. Valsts izglītības satura centrs. <https://www.skola2030.lv>
- Skyttner, L. (2005). *General systems theory: Problems, perspectives, practice* (2nd ed.). World Scientific Publishing.
- SlideWiki Consortium. (2018). SlideWiki project overview. European Commission.
- SlideWiki Consortium. (2018). SlideWiki project results and platform evaluation (Horizon 2020, Grant No. 688095).
- Smetana, L. K., & Bell, R. L. (2012). Computer simulations to support science instruction and learning: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 34(9), 1337–1370.
- Sortwell, A., Trimble, K., Ferraz, R., Geelan, D., Hine, G., Ramirez-Campillo, R., Carter-Thuiller, B., Gkintoni, E., & Xuan, Q. (2024). A systematic review of meta-analyses on the impact of formative assessment on K-12 students' learning: Toward sustainable quality education. *Sustainability*, 16(17), 7826.
- Sweller, J. (2011). Cognitive load theory. *Psychology of Learning and Motivation*, 55, 37–76.
- Targamadžē, V., & Nauckūnaitē, Z. (2009). SOLO taksonomija kaip mokinių rašinių vertinimo priemonė. *Acta Paedagogica Vilnensia*, 22, 65–74
- Targamadžē, V., & Šimelionienė, A. (2015). The impact of active learning methods on students' learning achievements. *Social Sciences*, 88(2), 56–65.

- Tatli, Z., & Ayas, A. (2013). Effect of a virtual chemistry laboratory on students' achievement. *Educational Technology & Society*, 16(1), 159–170.
- Tavener, C. (2017). *Personalized learning in practice: Case studies from leading schools*. Summit Public Schools.
- Taylor, J., Sharples, M., O'Malley, C., Vavoula, G., & Waycott, J. (2010). Towards a task model for mobile learning: A dialectical approach. *International Journal of Learning Technology*, 1(2), 138–158.
- Taylor, P., Lopez, L., & Quadrelli, C. (1998). Flexibility, technology, and academic work practices. *Higher Education Research & Development*, 17(3), 331–348.
- Tchoshanov, M. A. (2013). Engineering of learning: Conceptualizing e-didactics. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 3(3), 4–11.
- Tempelaar, D. T., Rienties, B., & Giesbers, B. (2024). Learning analytics for formative assessment and student success. *Computers & Education*, 200, 104787.
- Tennant, M., McMullen, C., & Kaczynski, R. (2002). *Teaching, learning and research in higher education: A critical approach*. Routledge.
- Triana, M., Gómez, J., & Prieto, J. (2023). Learning analytics and student progression modeling: A systematic review. *Education and Information Technologies*, 28, 12345–12368.
- Trikūniene, B., & Juškaite, L. (2021). Digital transformation in education: Challenges and opportunities. *Education Sciences*, 11(3), 1–12. <https://doi.org/10.3390/educsci11030123>
- Trinkūnienė, E., & Juškaite, L. (2021). Application of digital technologies for diagnostic assessment in physics education. *Proceedings of the International Scientific Conference*, 85–92.
- Trinkūnienė, E., & Juškaitė, A. (2021). Innovative learning environments and digital technologies in education. *INTED2021 Proceedings* (pp. 1234–1241). IATED.
- Ubiikki Oy. (2017). *Designing digital learning experiences*. Cloubi.
- Vaishnavi, V. K., & Kuechler, W. (2015). *Design science research methods and patterns: Innovating information and communication technology* (2nd ed.). CRC Press.
- Valsts izglītības satura centrs. (2016). *Mācību sasniegumu vērtēšana izglītības procesā*. Rīga: VISC.
- Valsts izglītības satura centrs. (2017). *Vispārējās vidējās izglītības mācību priekšmetu standarti*. <https://www.visc.gov.lv>
- Valsts izglītības satura centrs. (2019). *Fizikas mācību programmas un standarta saturs vispārējā vidējā izglītībā*. VISC.
- Valsts izglītības satura centrs. (2019). *Mācību satura pilnveides projekts "Skola2030"*. <https://www.skola2030.lv>
- Vedins, I. (2008). *Sistēmpieceja un domāšana*. Rīga: Zvaigzne ABC.
- Veenman, M. V. J., Van Hout-Wolters, B. H. A. M., & Afflerbach, P. (2014). Metacognition and learning: Conceptual and methodological considerations. *Metacognition and Learning*, 9(1), 1–5.
- Verhagen, P. (2006). Connectivism: A new learning theory? *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 3(11), 3–10.

- VISC. (2016). Pamatizglītības mācību priekšmeta programmas paraugs fizikā. Valsts izglītības satura centrs.
- von Bertalanffy, L. (1968). *General system theory: Foundations, development, applications*. George Braziller.
- Voros, J. (2001). A primer on futures studies, foresight and the use of scenarios. *Foresight*, 3(1), 10–21. <https://doi.org/10.1108/14636680110803047>
- Vozniuk, A., Govaerts, S., Gillet, D., & De Jong, T. (2015). Designing for learning analytics in inquiry learning spaces. In *Proceedings of the 5th International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK)* (pp. 215–219). ACM.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Wagino, J., Suyanto, E., & Widodo, A. (2024). Development of data analysis and interpretation skills in digital learning environments. *Journal of Science Education and Technology*, 33(2), 210–225. <https://doi.org/10.1007/s10956-024-10089-3>
- Watters, A. (2010). The role of technology in personalized learning. *Educause Review*, 45(4), 6–7.
- Wieman, C. E., Adams, W. K., & Perkins, K. K. (2008). PhET: Simulations that enhance learning. *Science*, 322(5902), 682–683. <https://doi.org/10.1126/science.1161948>
- William, D. (2011). *Embedded formative assessment*. Solution Tree Press.
- Wisniewski, B., Zierer, K., & Hattie, J. (2020). The power of feedback revisited: A meta-analysis of educational feedback research. *Frontiers in Psychology*, 10, 3087.
- World Economic Forum. (2019). *Schools of the future: Defining new models of education for the fourth industrial revolution*. World Economic Forum.
- World Economic Forum. (2019). *The future of jobs report 2018*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018>
- World Economic Forum. (2023). *The future of jobs report 2023*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2023>
- World ORT. (2017). *Educational programs and innovation in STEM education*. World ORT.
- Wrigley, C., Straker, K., & Bucolo, S. (2018). Design thinking pedagogy: The educational design ladder. *Innovations in Education and Teaching International*, 55(3), 374–385.
- Yufang, Z. (2018). Application of cloud computing in education informatization. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 13(3), 145–156.
- Zacharia, Z. C., & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning and Instruction*, 21(3), 317–331.
- Zacharia, Z. C., Olympiou, G., & Papaevripidou, M. (2020). Effects of experimenting with physical and virtual manipulatives on students' conceptual understanding in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(7), 1020–1047.
- Zaharescu, L. (2012). The role of virtual laboratories in science education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46, 3721–3725. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.142>

- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2023). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20(1), 1–27.
- Zhang, Y., Chen, B., & Li, X. (2023). Multimodal learning analytics: A systematic review and future directions. *Educational Technology & Society*, 26(1), 1–15.
- Zhou, Y., Liu, X., & Wang, J. (2023). Systems thinking and digital transformation: A review and future directions. *Systems Research and Behavioral Science*, 40(2), 123–138.
- Zierer, K., & Seel, N. M. (2012). General didactics and instructional design: Eyes like twins: A transatlantic dialogue about similarities and differences, about the past and the future of two sciences of learning and teaching. *SpringerPlus*, 1(1), 15.
- Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory Into Practice*, 41(2), 64–70. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2
- Zoller, U. (2000). Teaching tomorrow's college science courses—Are we getting it right? *Journal of College Science Teaching*, 29(6), 409–414.
- Zunboylu, Ö. (2010). Cloud computing in education: A new opportunity. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 1570–1574.
- Šilters, E. (1998). *Fizikas atziņu un likumsakarību pārdeves problēma sabiedrības neprofesionālām grupām un tās risinājumi* (habilitācijas darba kopsavilkums). Rīga.
- Šmitiņa, A. (2011). Physics education challenges in Latvia. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences*, 65(3), 45–52.
- Šteinberga, A. (2013). Pedagoģiskā procesa pilnveide mūsdienu izglītības vidē. *Rīgas Pedagoģijas un izglītības vadības akadēmijas zinātniskie raksti*, 45–52.
- Žogla, I. (2001). *Didaktikas teorētiskie pamati*. Raka.

PIELIKUMI

1. pielikums. Valsts valodas centra skaidrojums terminam “intensīvās izlīdzinošās mācības pētījuma kontekstā.
2. pielikums. Aprobācijas pētījuma kopsavilkums (sadarbībā ar iZvaigzni).
3. pielikums. Intensīvo izlīdzinošo mācību modeļa pārbaudes rezultātu apkopojums sadarbībā ar studentu korporācijām.
4. pielikums. ARTSS rīka izmantošanas kopsavilkums IIM īstenošanas procesā (Programmētā mācīšana/ās).
5. pielikums. Eksperimentālās/pētnieciskās un modelēšanas metodes aprobācijas, verifikācijas un validācijas pierādījumi virtuālās laboratorijas vidē
6. pielikums. Konceptuālās pieeja fizikas satura apguvei (piemērs).
7. pielikums. Anketu jautājumi.
8. pielikums. Slide Wiki aprobācijas kopsavilkums IIM īstenošanas procesā.
9. pielikums. Empīriskā pētījuma rezultāti (2015.-2021.mācību gads).
10. pielikums. Aprobācijas rezultātu apstrādes piemēri no IteMan Test Analysis Program ITEMAN™ for Windows.

1. pielikums. Valsts valodas centra skaidrojums terminam “intensīvās izlīdzinošās mācības” pētījuma kontekstā.

Intensīvās izlīdzinošās mācības (IIM) - pedagoģiskā pieeja, kas tiek izmantota, lai atbalstītu izglītojamo individuālo attīstību un apgūšanu salīdzinoši īsā laikā. Šīs mācības pievērš uzmanību katram izglītojamam, viņa individuālajām vajadzībām, prasībām un spējām, cenšoties nodrošināt vienlīdzīgas iespējas visiem izglītojamiem.

Pasaulē plaši izmantojama sistēma posmā skola- augstskola. Latvijā nav noteiktas definīcijas. Sarakstē ar Valsts valodas centra Terminoloģijas un tiesību aktu tulkošanas departamenta terminoloģiem tika pieņemts nosaukums: Mācības*

Intensive bridging education (IBE)- angļu valodā

*Valsts valodas centra skaidrojums terminam “intensīvās izlīdzinošās mācības pētījuma kontekstā.

1-4.5/583 RE: jēdzienu_skaidrojums [resurce](#)

Ieva Kraukle <Ieva.Kraukle@vvc.gov.lv>
kam: Loretta, Valsts, Māris

pārrād., 2023. g. 11. dec. 15:34

Labdien!

Valsts valodas centrs ir izskatījis Jūsu jautājumu. Centra ieskatā angļu valodas termina *Intensive Bridge Courses* atveide latviešu valodā ir pielāgojama konkrētiem kontekstiem.

Nemot vērā Jūsu e-pasta ziņā sniegto skaidrojumu un termina atveidu lietojuma nianšes, atbilde *izlīdzinošās mācības* ir uzskatāma par virsterminu, kā arī ir vairāk procesu raksturojošs jēdziens (Mācības: "Process, kurā cilvēks izglītojas, attiecīgās nodarības". Skatīt <https://mhv.izsvars.lv/m%C4%81%C4%ABba.1>). Savukārt gadījumā, kad nepieciešams uzsvert mācību saturu, par piemērotu uzskatāma atveide *izlīdzinošie [studiju] kursi*. Piebilstams, ka Ministru kabineta noteikumos Nr. 332 un vairāku augstākās izglītības iestāžu avotos tiek lietots termins *izlīdzinošie kursi* (skatīt <https://likumi.lv/taid/315146-noteikumi-par-valsts-profesionālas-vidējās-izglītības-standartu-un-valsts-arodizglītības-standartu>).

Atbilde saskaņota ar Latvijas Zinātņu akadēmijas Terminoloģijas komisijas priekšsēdētāju un Valsts valodas centra direktoru Dr. habil. med. prof. Māri Baltiņu.

Neskaidribu vai jautājumu gadījumā droši sazinieties ar mums, rakstot uz e-pasta adresi pasts@vvc.gov.lv.

Ar cieņu
Ieva Kraukle
Valsts valodas centra
Terminoloģijas un tiesību aktu tulkošanas departamenta
terminoloģe
Tālr. +371 6733 4617
E-pasts: ieva.kraukle@vvc.gov.lv
Raipa bulvāris 15, Rīga, LV-1050



2. pielikums. Interaktīvo tiešsaistes uzdevumu komplekta aprobācijas un ārējās validācijas kopsavilkums sadarbībā ar izdevniecību Zvaigzne ABC

Interaktīvo uzdevumu komplekts „Tiešsaistes testi fizikā” (10., 11. un 12. klasei) tika izstrādāts sadarbībā ar A. Cābeli un izdevniecību Zvaigzne ABC, izmantojot *Cloubi Cloud* platformu. Pētījuma autore ir saņēmusi līdzautora un izdevniecības atļauju promocijas darbā izmantot projekta laikā iegūtos aprobācijas un validācijas datus, kas saistīti ar autores ieguldījumu diagnostikas uzdevumu izstrādē, aprobācijā un pilnveidē.

2.1. Ārējās validācijas raksturojums

Rādītājs	Vērtība
Skolotāji	41
Izglītojamie	820
Platforma	<i>Cloubi Cloud</i>
Materiāli	Tiešsaistes testi fizikā 10., 11., 12. klasei
Partneris	Zvaigzne ABC
Validācijas veids	Pedagoģiskā aprobācija un lietojamības izvērtēšana
Datu avoti	Skolotāju anketas, skolēnu anketas, platformas dati

2.2. Galvenie skolotāju secinājumi

Kategorija	Secinājums
Atgriezeniskā saite	Ļoti pozitīvi novērtēta
Risinājumu piemēri	Atzīti par lietderīgiem
Matemātiskās prasmes	Novērtēts uzsvars uz matemātisko sagatavotību fizikā
Lietošanas veids	Biežāk individuālam darbam un mājas darbam
Eksāmenu sagatavošana	Augsta pieprasījuma joma
Turpmākā attīstība	Vēlme redzēt līdzīgus materiālus citās klasēs

2.3. Galvenie skolēnu secinājumi

Kategorija	Secinājums
Risinājumu sadaļa	Pozitīvi novērtēta
Lietošanas ērtums	Kopumā pozitīvs vērtējums
Navigācija	Priekšroka augšējai navigācijas joslai
Ierīces	Pārsvarā izmantots dators
Turpmākā izmantošana	Vēlētos līdzīgus materiālus citos eksaktajos priekšmetos
Mācību forma	Priekšroka individuālam darbam

2.4. secinājumi. Ārējās validācijas rezultāti apliecināja, ka izstrādātie diagnostikas materiāli ir pedagoģiski lietderīgi, tehnoloģiski izmantojami un piemēroti dažādām izglītojamo grupām. Skolotāji īpaši augstu novērtēja tūlītējas atgriezeniskās saites iespējas, savukārt izglītojamie pozitīvi vērtēja uzdevumu risinājumu skaidrojumus un individuāla darba iespējas. Iegūtie rezultāti tika izmantoti diagnostikas uzdevumu pilnveidē un vēlāk integrēti IIM diagnostikas sistēmā.

3. pielikums. Intensīvo izlīdzinošo mācību modeļa pārbaudes rezultātu apkopojums sadarbībā ar studentu korporācijām.

3. pielikums dokumentē IIM modeļa praktisku izmantošanu un pārbaudi citā kontekstā pēc pamatpētījuma perioda, tādējādi papildinot modeļa praktiskās lietojamības pamatojumu.

BIEDRĪBA „STUDENTU KORPORĀCIJAS TERVETIA FILISTRU BIEDRĪBA”

Tērbatas 28 - 8, Rīga, LV-1011 Reģ.Nr. 40008005097
Swedbank HABALV22; konts LV50HABA0651011044313

Loretai Juškaitei

Rīgā, 28.02.2025.

Par intensīvo izlīdzinošo mācību modeli

Laika posmā no 2021. līdz 2024. gadam piecu semestru garumā sadarbībā ar studentu korporāciju "Tervetia" tika īstenots intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) modelis ar mērķi īsā laika posmā sagatavot RTU Būvniecības inženierzinātņu fakultātes 1. kursa studentus, kuriem bija nepieciešama palīdzība sagatavoties kursa "fizika" eksāmenam. Viena semestra laikā sadarbībā iesaistījās arī studentu korporācija "Imeria". Vispirms tika identificētas galvenās problēmas, kas, kā izrādījās, visas bija saistītas ar iepriekšējo sagatavotību:

- daļā skolu mācību priekšmets "fizika" netiek piedāvāts;
- daļa studentu vidusskolā apgūst priekšmetu "dabaszinības" vispārīgajā līmenī;
- atsevišķās skolās nebija fizikas skolotāju un stundas fizikā nenotika;
- lielajās vidusskolās klasēs ir daudz skolēnu, kā rezultātā pietiekami neattīstās runas prasmes;
- mazākumtautību skolu beidzējiem rodas problēmas ar jēdzienu lietošanu latviešu valodā.

Studentiem papildus nodarbības notika 2 reizes nedēļā vakaros. Noteikumi paredzēja obligātu nodarbību apmeklējumu un mājas darbu izpildi. Ja neattaisnotu iemeslu dēļ tika kavētas divas nodarbības, students tika izslēgts. Papildus nodarbības paredzētas tikai motivētiem studentiem.

Kopumā bija pieteikušies 98 pirmo kursu studenti. Tie jaunieši, kas izturēja un apguva pilnu IIM kursu, veiksmīgi nokārtoja eksāmenu fizikā. Kopumā atbira 8% studentu. Par šiem studentiem nav informācijas.

Edgars Kvālis

Studentu korporācijas TERVETIA Filistru biedrības
priekšsēdētājs



4. pielikums. ARTSS rīka izmantošanas kopsavilkums IIM īstenošanas procesā (Programmētā mācīšana/ās).

Elektromagnētiskās svārstības un viļņi

Pēc tēmas apguves jūs varēsiet:

- Izskaidrot elektromagnētisko svārstību rašanos un norisi svārstību kontūrā.
 - Aprakstīt dažādu diapazonu elektromagnētisko viļņu lietojumu un vienojošās īpašības.
 - Izskaidrot elektromagnētisko svārstību procesus no enerģētiskā viedokļa.
 - Eksperimentāli pētīt elektromagnētisko svārstību procesu virtuālā laboratorijā.
- Jēdzieni:** elektromagnētiskās svārstības, svārstību kontūrs, elektromagnētiskie viļņi, periods, frekvence, viļņa garums.

 12.1. Svārstību kontūrs.

 12.2. Elektromagnētiskās svārstības.

 12.3. Elektromagnētiskās svārstības svārstību kontūrā.

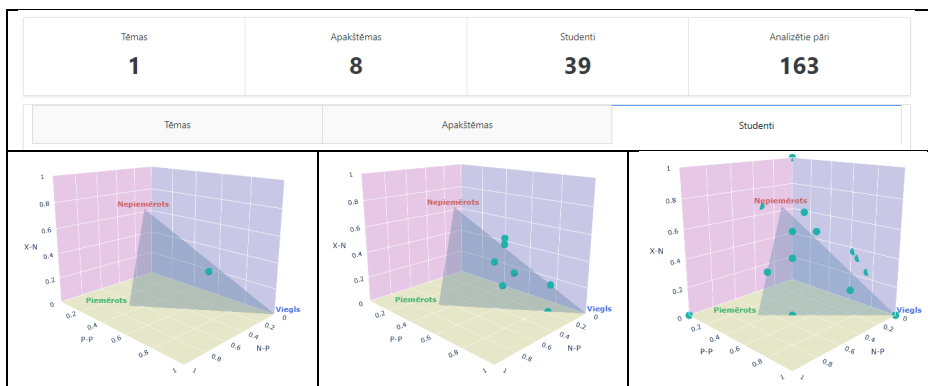
 12.4. Enerģijas pārvērtības svārstību kontūrā.

 12.5. Mehānisko un elektromagnētisko svārstību salīdzinājums.

 12.6. Elektromagnētiskie viļņi. EMV

 12.7. EMV īpašības.

 12.8. EMV skala.



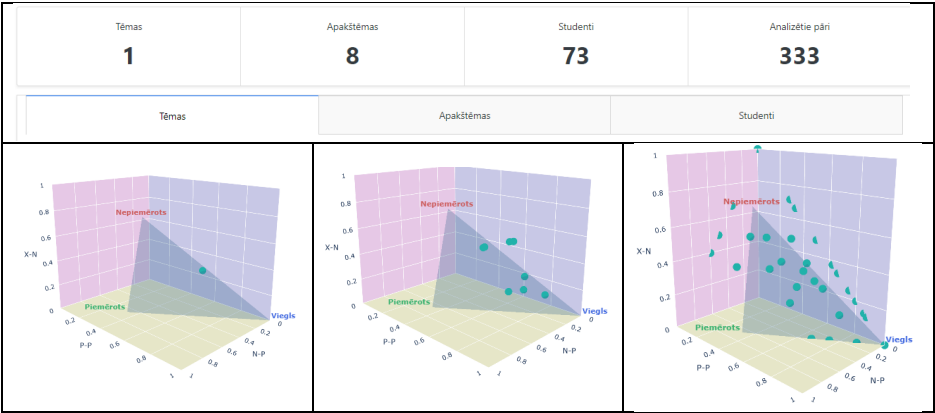
Elektriskie lādiņi un elektriskais lauks.

Pēc tēmas apguves jūs varēsiet:

- Lietot punkveida lādiņa modeli elektrostātisko procesu pētīšanā.
- Izmantojot Kulona spēka un elektriskā lauka intensitātes vektorus, attēlot elektrisko lauku.
- Aprēķināt, izmantojot formulu lapu: Kulona spēku, lādiņu, elektriskā lauka intensitāti, enerģiju, potenciālu, spriegumu un kapacitāti.
- Izskaidrot Kulona spēka, lādiņa, intensitātes, sprieguma un kapacitātes maiņu, izmantojot funkcionālās sakarības.
- Iegūt un izvērtēt datus virtuālā laboratorijas darbā, izmantojot simulāciju modeļus.
- Analizēt un izvērtēt informāciju, darbojoties vizuālās uzskates virtuālās laboratorijās.

Jēdzieni: lādiņš, elektriskā lauka intensitāte, intensitātes līnijas, spriegums, kapacitāte, potenciāls, ekvipotenciālā līnija

- 11.1. Kulona likums.
- 11.2. Elektriskā lauka intensitāte.
- 11.3. Elektriskā lauka grafiskais attēlojums. Elektriskā lauka intensitātes līnijas.
- 11.4. Elektriskā lauka darbs.
- 11.5. Elektriskā lauka potenciāls.
- 11.6. Elektriskā kapacitāte.
- 11.7. Kondensatora kapacitāte. Likumsakarības pārbaude.
- 11.8. Kondensators. kondensatora elektriskā lauka enerģija.



Kustības vienādojumi un grafiki.

Kustības apraksts, izmantojot matemātiskos vienādojumus. Fizikālo procesu demonstrējumu novērošana un praktisko darbu veikšana, izmantojot virtuālās simulācijas un laboratorijas.

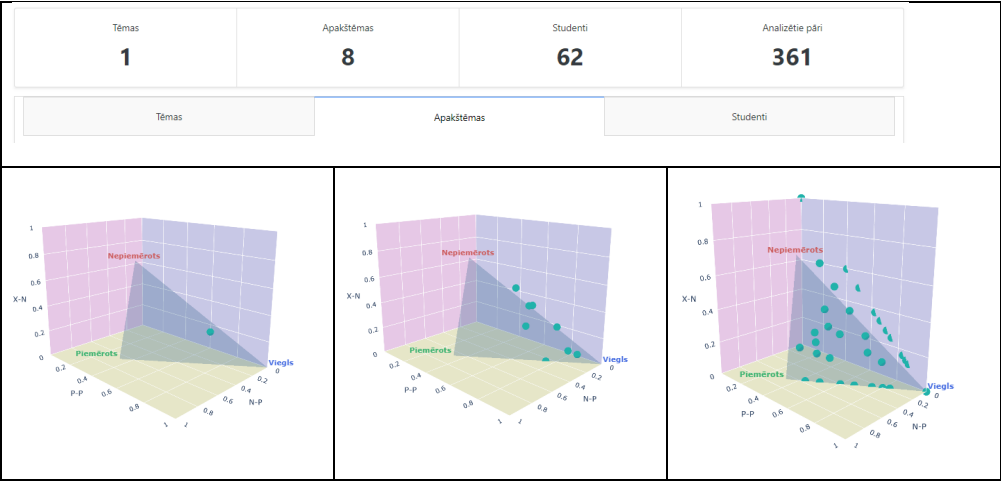
Pēc tēmas apguves jūs varēsiet:

- Lietot kustības, trajektorijas, ceļa, pārvietojuma, ātruma un paātrinājuma jēdzienus ķermeņu kustības aprakstā.
- Izskaidrot ķermeņu kustību, izmantojot vienmērīgas taisnlinijas kustības un vienmēri paātrinātas taisnlinijas kustības likumus un matemātiskos vienādojumus.
- Konstruēt un analizēt kustības grafikus.

Jēdzieni: trajektorija, ceļš, pārvietojums, momentānais ātrums, masas punkts, atskaites sistēma, ķermeņa koordināta, vienmērīga taisnlinijas kustība, paātrinājums, vienmēri paātrināta taisnlinijas kustība, brīvās krišanas paātrinājums, centrtieces paātrinājums, lineārais ātrums, rotācijas periods, rotācijas frekvence.

- 10.1. Vienmērīgas taisnlinijas kustības vienādojumi.
- 10.2. Vienmēri paātrinātas kustības vienādojumi.
- 10.3. Vienmērīgas taisnlinijas kustības grafiki.
- 10.4. Vienmēri paātrinātas taisnlinijas kustības grafiki.
- 10.5. Vienmērīga kustība pa riņķa līniju.
- 10.6. Masas punkta periodiskas kustības grafiks.
- 10.7. Ķermeņa brīvā krišana.
- 10.8. Horizontāls sviediens.

- ☐
- ☐
- ☐
- ☐
- ☐
- ☐
- ☐
- ☐



Elektriskās parādības un procesi

Pēc tēmas apguves jūs varēsiet:

- Izskaidrot elektrisko lādiņu nodalīšanās piemērus dabā un tehnikā, izmantojot atoma uzbūves modeli.
- Lietot galvaniskā elementa, baterijas, spuldzes, slēdža, rezistora, ampērmetra apzīmējumus, veidojot vienkāršas elektriskās shēmas.
- Izveidot vienkāršu elektrisko slēgumu pēc dotas elektriskā slēguma shēmas.
- Attēlot elektrisko lauku.
- Analizēt situācijas, izmantojot Oma likumu. Mērit strāvas stiprumu, spriegumu un pretestību.
- Noteikt patērētāja izdalīto jaudu.

Jedzieni: elektriskais lādiņš, elektrizācija, elektriski lādētu ķermeņu mijiedarbība, elektriskais lauks, elektriskā strāva, elektriskais spriegums, elektriskā sprieguma avots, elektriskā pretestība, strāvas stiprums, elektriskais slēgums (ķēde), elektriskā slēguma shēma, elektriskā jauda.

9.1. Atoma uzbūve

9.2. Elektriskie lādiņi. Elektrizācija.

9.3. Elektriskais lauks.

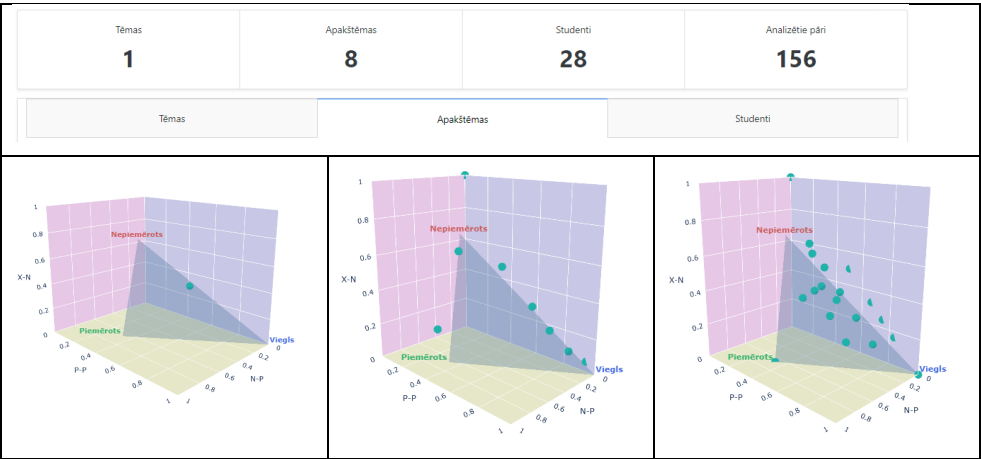
9.4. Oma likums.

9.5. Ipatnējā pretestība.

9.6. Patērētāju virknes slēgums.

9.7. Patērētāju paralēlais slēgums.

9.8. Elektriskā jauda

☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐


Mērīšana un pētnieciskā darbība. 2020./2021.mācību gads (N = 61)

Pēc tēmas apguves jūs varēsiet:

- Veikt tiešus un netiešus fizikālo lielumu mērījumus (piemēram, noteikt ķermeņa izmērus, masu, tilpumu, laiku).
- Pilnveidot izpratni par mērījumu precizitāti.
- Izvēlēties atbilstošus mērīšanas instrumentus mērījumu veikšanai.
- Veikt praktiskus darbus virtuālā laboratorijā.
- Izvērtēt riska faktorus, kas varētu rasties atkārtotot tos pašus eksperimentus reālā laboratorijā.
- **Jedzieni:** eksperiments, fizikāls lielums, mērīšanas instruments, mērvienība, iedaļas vērtība, mērāpjioms, SI sistēma, tiešā mērīšana, netiešā mērīšana, mērskaitlis.

8.1. Fizikālo lielumu mērvienības. SI vienību sistēma.

8.2. Fizikālo lielumu un mērvienību apzīmējumi.

8.3. Mērīšanas. Mērāpjioms. Iedaļas vērtība.

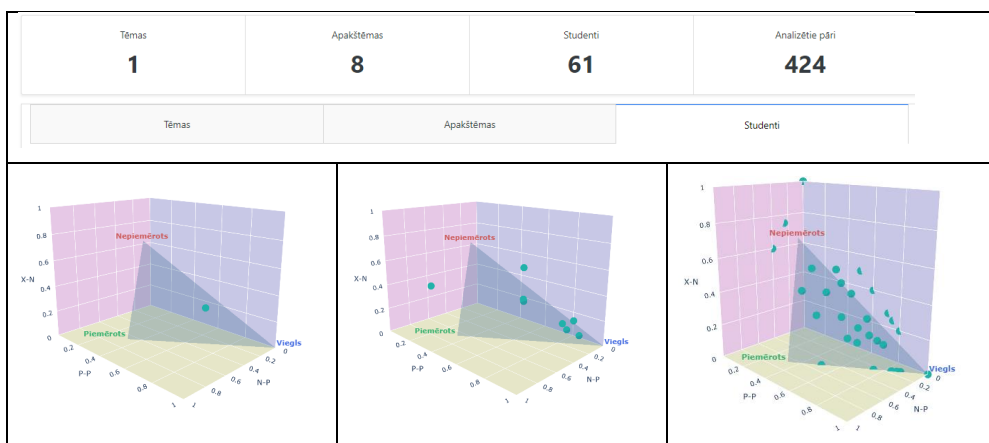
8.4. Mērīšana.

8.5. Pētnieciskās darbības posmi.

8.6. Praktiskais darbs. Neregulāras formas ķermeņa tilpuma noteikšana.

8.7. Praktiskais darbs. Blīvuma noteikšana.

8.8. Pētnieciskais laboratorijas darbs virtuālā laboratorijā.



Secinājumi:

- Izglītojamiem ir ļoti atšķirīgas priekšzināšanas par skatīto tēmu
- Izglītojami guva ļoti atšķirīgus panākumus mācību gaitā
- 6 izglītojamiem tēmas apguve problēmas nesagādāja
- Daļa izglītojamo pret uzdevumu veikšanu attiecās pavirši, izmantojot tikai iepriekš esošas zināšanas un neveica visus uzdevumus
- Daļa izglītojamo uzdevumus veica ļoti rūpīgi, pat, ja tas prasīja lielākas pūles
- Izglītojamiem bija arī digitālās patības problēmas
- Atbilstoši mācību priekšmeta standartam, tematā tika iekļauti dažādas grūtības pakāpes (izziņas darbības) uzdevumi

5. pielikums. Eksperimentālās/pētnieciskās un modelēšanas metodes aprobācijas, verifikācijas un validācijas pierādījumi virtuālās laboratorijas vidē

Virtuālā laboratorija IIM e-ekosistēmā tiek izmantota kā tehnoloģisks rīks, kurā tiek īstenota eksperimentālā/pētnieciskā metode un modelēšanas metode. Šo metožu aprobācija, verifikācija un validācija veikta vairākos secīgos pētījumos, analizējot virtuālās laboratorijas izmantošanu fizikālo procesu izpētē, modelēšanā un eksperimentēšanā.

5.1. Metožu raksturojums

IIM pedagogiskā procesa e-ekosistēmā virtuālā laboratorija tiek izmantota kā tehnoloģiskā vide, kurā tiek īstenotas divas savstarpēji saistītas pedagogiskās metodes – eksperimentālā/pētnieciskā metode un modelēšanas metode.

Eksperimentālā/pētnieciskā metode nodrošina hipotēžu formulēšanu, eksperimentu plānošanu un veikšanu, datu iegūšanu, apstrādi un secinājumu formulēšanu. Modelēšanas metode nodrošina fizikālo procesu un objektu modelēšanu, rezultātu prognozēšanu, modeļu analīzi un fizikālo procesu izpratnes padziļināšanu.

Abu metožu efektivitāte tika izvērtēta, izmantojot aprobācijas, verifikācijas un validācijas procedūras.

5.2. Metožu verifikācijas kritēriji

Verifikācijas kritērijs	Eksperimentālā/pētnieciskā metode	Modelēšanas metode
Hipotēžu formulēšana	✓	–
Eksperimentu plānošana un veikšana	✓	–
Datu iegūšana	✓	✓
Datu apstrāde un interpretācija	✓	✓
Grafiskās informācijas analīze	✓	✓
Secinājumu formulēšana	✓	✓
Fizikālo procesu izpratne	✓	✓
Prognozēšana	–	✓
Modeļu izmantošana un analīze	–	✓
Izglītojamo iesaiste	✓	✓
Tehnoloģiju lietojamība	✓	✓

5.3. Ekspertu validācija

Metožu validācijai tika izmantots ekspertu vērtējums. Eksperti novērtēja metožu atbilstību IIM e-ekosistēmas modelim, izmantojot piecu punktu Likerta skalu (1 – pilnībā nepiekrītu; 5 – pilnībā piekrītu).

Ekspertu vērtēšanas kritēriji

Kritēriju grupa	Ekspperimentālā/ pētnieciskā metode	Modelēšanas metode
Pedagoģiskā atbilstība	>4,0	>4,0
Pētnieciskā kvalitāte	>4,0	>4,0
Tehnoloģiskā kvalitāte	>4,0	>4,0
Izglītojamo iesaiste	>4,0	>4,0
Atbilstība IIM modelim	>4,0	>4,0

Eksperti atzina, ka abas metodes sekmē sasniedzamo rezultātu apguvi, attīsta augstāka līmeņa domāšanas prasmes un ir piemērotas integrēšanai IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmā.

Kopsavilkums

Aprobācijas, verifikācijas un validācijas rezultāti apliecina, ka eksperimentālā/pētnieciskā metode un modelēšanas metode ir efektīvas un metodoloģiski pamatotas pieejas fizikālo procesu apguvei IIM e-ekosistēmā. Empīriskie pētījumi, starptautiskā aprobācija un ekspertu vērtējumi apstiprina šo metožu piemērotību pētniecisko prasmju, modelēšanas prasmju, datu interpretācijas un fizikālo procesu izpratnes attīstīšanai.

5.4. Eksperimentālās/pētnieciskās metodes īstenošanas piemērs virtuālajā laboratorijā

Pētījuma laikā eksperimentālās/pētnieciskās metodes īstenošanai tika izmantotas virtuālās laboratorijas un tām izstrādātas darba lapas. Darba lapas nodrošināja strukturētu pētnieciskās darbības organizēšanu, ietverot eksperimenta veikšanu, novērojumu fiksēšanu, datu interpretāciju un secinājumu formulēšanu.

Piemērs. Virtuālā laboratorija "Svārstību ierosināšana svārstību kontūrā"

Mācību uzdevuma mērķis bija izpētīt kondensatora kapacitātes un spoles induktivitātes ietekmi uz elektromagnētiskajām svārstībām svārstību kontūrā.

Izglītojamajiem tika piedāvāts:

1. iepazīties ar simulācijas darbības principu;
2. mainīt kondensatora kapacitāti;
3. mainīt spoles induktivitāti;
4. novērot strāvas stipruma un sprieguma izmaiņas;
5. reģistrēt rezultātus;
6. analizēt iegūtos datus;
7. formulēt secinājumus.

Simulācija: *Walter Fendt Physics Applets – Oscillating Circuit*
https://www.walter-fendt.de/html5/phen/oscillatingcircuit_en.htm

5.5. Sasaiste ar pētnieciskās darbības posmiem

Pētnieciskās darbības posms	Darbība virtuālajā laboratorijā
Problēmas formulēšana	Kā kapacitāte un induktivitāte ietekmē elektromagnētiskās svārstības?
Hipotēzes izvirzīšana	Izglītojamaais prognozē rezultātus
Eksperimenta veikšana	Parametru maiņa simulācijā
Datu iegūšana	Sprieguma un strāvas grafiku novērošana
Datu interpretācija	Rezultātu analīze
Secinājumu formulēšana	Kapacitātes un induktivitātes ietekmes skaidrojums

5.6. Sasaiste ar verifikācijas kritērijiem

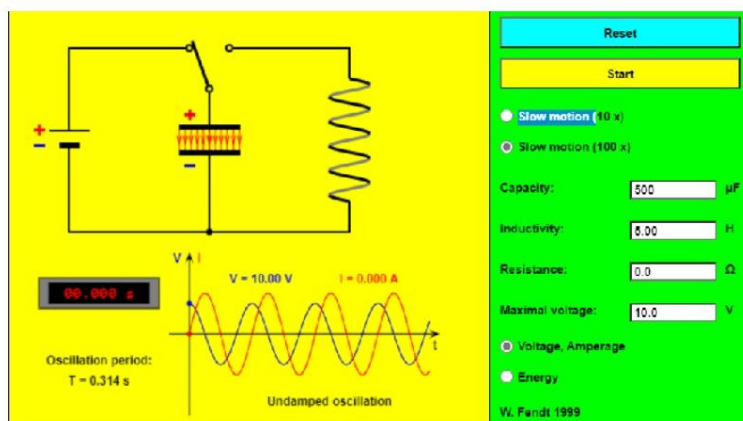
Verifikācijas kritērijs	Pierādījums
Hipotēžu formulēšana	Darba lapas uzdevumi
Datu iegūšana	Simulācijas mērījumi
Datu interpretācija	Grafiku analīze
Secinājumu formulēšana	Rakstiski secinājumi
Fizikālo procesu izpratne	Elektromagnētisko svārstību skaidrojums
Tehnoloģiju lietojamība	Darbs virtuālajā laboratorijā
Izglītojamo iesaiste	Patstāvīga eksperimentēšana

5.7. Metodes īstenošanas piemēri

Darba lapa VL (Virtuālās laboratorijas darba lapas paraugs)

VL Svārstību ierosināšana svārstību kontūrā.

Šī simulācija modelē elektromagnētisko svārstību rašanās shēmu. Tiklīdz esat nospiedis pogu "Atiestatīt"(Reset) , kondensatora plāksnes tiks uzlādētas, proti, augšējā plāksne ir pozitīva, bet apakšējā - negatīvi. Pēc peles noklikšķināšanas uz pogas "Sākt"(Start), slēdzis tiks novirzīts citā pozīcijā, lai sāktos svārstības. Šī pati poga ļauj attiecīgi pārtraukt simulāciju. Atkarībā no izvēlētās radio pogas animācija būs 10 vai 100 reizes lēnāka nekā reālā svārstība. Izmantojot teksta laukus, var mainīt kapacitāti (no 100 μF līdz 1000 μF), spoles induktivitāti (no 1 H līdz 10 H) un akumulatora sprieguma vērtības. Pretestību šajā eksperimentā izvēlamies 0 Ω .



Kreisajā apakšējā daļā digitālais pulkstenis norāda laiku kopš svārstību sākuma. Zem tā var nolasīt svārstību periodu. Labajā apakšējā daļā ir redzams grafiks kas parāda kā spriegums U (zils) un strāvas stiprums I (sarkans) mainās laikā.

Darba uzdevumi:

- Maini kondensatora kapacitāti un novēro, kā mainās strāvas stiprums un sprieguma vērtības.
- Maini spoles induktivitāti un atkal novēro, kā mainās strāvas stiprums un sprieguma vērtības.

Kondensatoru uzlādei izvēlies 10V lielu spriegumu. Eksperimentu atkārti vairākas reizes, rezultātus pieraksti savā kladē.

Saite uz VL . Simulācija atvērsies jaunā loga, tāpēc pēc darba veikšanas neaizmirsti atgriezties kursā, lai atbildētu uz pašpārbaudes jautājumu.

https://www.walter-fendt.de/html5/phen/oscillatingcircuit_en.htm

Lai atbildētu uz pašpārbaudes jautājumu, spied turpināt!

5.8. Eksperimentālās/pētnieciskās metodes īstenošanas piemērs virtuālajā laboratorijā

Elements	Apraksts
Tēma	Svārstību ierosināšana svārstību kontūrā
E-rīks	Walter Fendt virtuālā laboratorija
Metode	Eksperimentālā/pētnieciskā metode
Pētījuma jautājums	Kā kondensatora kapacitāte un spoles induktivitāte ietekmē elektromagnētiskās svārstības?
Mainīgie lielumi	Kapacitāte, induktivitāte
Novērojamie parametri	Spriegums, strāvas stiprums, svārstību periods
Izglītojamā darbības	Parametru maiņa, novērojumi, datu fiksēšana, secinājumu formulēšana
Sasniedzamais rezultāts	Izskaidro kapacitātes un induktivitātes ietekmi uz svārstību parametriem

5.9. Darba lapas sasaiste ar pētnieciskās darbības posmiem

Pētnieciskās darbības posms	Darba lapas elements
Problēmas formulēšana	Darba uzdevums

Pētnieciskās darbības posms	Darba lapas elements
Hipotēzes izvirzīšana	Prognozes par parametru ietekmi
Eksperimenta veikšana	Darbs simulācijā
Datu iegūšana	Grafiku un mērījumu nolasīšana
Datu interpretācija	Rezultātu analīze
Secinājumu formulēšana	Atbildes uz uzdevuma jautājumiem

5.10. Darba lapas sasaiste ar verifikācijas kritērijiem

Verifikācijas kritērijs	Darba lapas elements
Hipotēžu formulēšana	Pirms eksperimenta izteiktās prognozes
Datu iegūšana	Simulācijas mērījumi
Datu interpretācija	Grafiku analīze
Secinājumu formulēšana	Rakstiskie secinājumi
Fizikālo procesu izpratne	Elektromagnētisko svārstību skaidrojums
Tehnoloģiju lietojamība	Darbs virtuālajā laboratorijā
Izglājotājam iesaiste	Patstāvīga eksperimentēšana

5.10. Eksperimentālās, pētnieciskās un modelēšanas metodes aprobācijas, validācijas un verifikācijas pierādījumi.

Eksperimentālās/pētnieciskās un modelēšanas metodes aprobācija un verifikācija tika veikta vairākos secīgos pētījuma posmos. Metožu aprobācijā piedalījās intensīvo izlīdzinošo mācību dalībnieki, vidusskolēni, fizikas skolotāji un starptautisko projektu dalībnieki. Laika posmā no 2015. līdz 2021. gadam IIM kursu aprobācijā un pilnveidē piedalījās 620 izglītojamie. Papildu aprobācija tika veikta pētījumā *Mobile Apps for Teaching Physics: Situation in Latvia* (Juškaite, Dzelzkaleja, Ipatovs & Kapenieks, 2020), kurā piedalījās 1547 skolēni un 67 fizikas skolotāji no dažādiem Latvijas reģioniem. Starptautiskā aprobācija tika nodrošināta GrassLab projekta aktivitātēs.

Atsevišķi metožu aprobācijas un verifikācijas rezultāti publicēti zinātniskajās publikācijās, kurās analizēta virtuālo laboratoriju, digitālo rīku, modelēšanas un pētnieciskās darbības izmantošana fizikas apgūvē.

Publikācija vai aktivitāte	Metode	Respondenti	Instrumenti	Galvenie rezultāti
Juškaite, L. (2019). <i>The Impact of the Virtual Laboratory on the Physics Learning Process</i>	Eksperimentālā/pētnieciskā metode	Skolēnu grupas	Fizikas satura un fizikālo procesu testi, laboratorijas darbu analīze, novērojumi, statistiskā datu apstrāde	Uzlabota grafiskās un vizuālās informācijas interpretācija, datu analīze un pētnieciskās prasmes
Juškaite, L., Dzelzkaleja, L., Ipatovs, A.,	Eksperimentālā/pētnieciskā metode	1547 skolēni, 67 fizikas skolotāji	Aptaujas, stundu novērojumi,	Apstiprināta digitālo rīku, sensoru un

Publikācija vai aktivitāte	Metode	Respondenti	Instrumenti	Galvenie rezultāti
Kapenieks, A. (2020). <i>Mobile Apps for Teaching Physics: Situation in Latvia</i>	pētnieciskā un modelēšanas metode		fokusgrupu diskusijas	simulāciju efektivitāte fizikā
GrassLab projekts	Eksperimentālā/ pētnieciskā un modelēšanas metode	Starptautiska skolēnu un pedagogu grupa	Virtuālās laboratorijas, simulācijas, modelēšanas aktivitātes	Apstiprināta metožu pārnesamība un efektivitāte dažādās izglītības vidēs

6. pielikums. Fizikas konceptuālās pieejas principu apkopojuma piemērs

Fizikas mācīšana pēc atslēgvārdiem (konceptuālā pieeja) Vienotais koncepts: Fizika kā kustības izmaiņu izpēte Pamatideja Centrālais atslēgvārds: Kustība Fizika pēta kustību un tās izmaiņas dažādu ietekmju rezultātā — no makroskopiskiem ķermeņiem līdz mikropasaules daļiņām. Kā visas fizikas tēmas sasaistās caur kustību 1. Mehānika → kustības apraksts • trajektorija • ātrums • paātrinājums 2. Spēki → kustības izmaiņas • spēki izraisa paātrinājumu		3. Elektrība → lādiņu kustība • elektriskā strāva = lādiņu kustība 4. Magnētisms → kustība laukā • kustīgi lādiņi magnētiskajā laukā kustība + lauks 5. Viļņi → svārstības (kustība) • periodiska kustība • enerģijas pārnese 6. Termodinamika → daļiņu haotiska kustība • temperatūra = kustības intensitāte kustība mikrolīmenī 7. Optika → gaismas kustība • gaismas izplatīšanās 8. Modernā fizika → kustība un varbūtība • kvantu kustība • nenoteiktība kustība kā varbūtiska parādība
--	--	---

Tēma	Koncepts	Kas raksturo?	Galvenie lielumi	Tipiska situācija	Galvenā ideja
Kinematika	Vienmērīga kustība	Nemalnīgs ātrums	ātrums, ceļš, laiks	Auto kustas ar konst. ātrumu	Kustība bez izmaiņām
	Paātrināta kustība	Mainīgs ātrums	paātrinājums, ātrums	Brīvais kritiens	Kustība mainās
	Līknes kustība	Mainās virziens	ātrums, trajektorija	Kustība pa apli	Virziens arī svarīgs
Dinamika	Kustības izmaiņa	Spēku ietekme	spēks, masa, paātrinājums	Stumts objekts	Spēki maina kustību
Svārstības	Periodiska kustība	Atkārtojas laikā	periods, frekvence	Atsperes svārstības	Kustība atkārtojas
Viļņi	Kustības izplatīšanās	Svārstību pārnese	viļņa garums, frekvence, ātrums	Skaņa, ūdens viļnis	Kustība izplatās telpā
Elektrība	Lādiņu kustība	Elektronu plūsma	strāva, spriegums	Strāva vadā	Kustība mikrolīmenī
Magnētisms	Kustība laukā	Lādiņu kustība magnētiskajā laukā	ātrums, lauks	Elektrons magnētā	Kustība + lauks
Termodinamika	Haotiska kustība	Daļiņu kustība	temperatūra, enerģija	Gāze	Kustība mikrolīmenī
Optika	Gaismas kustība	Gaismas izplatīšanās	ātrums, virziens	Gaismas stars	Kustība bez masas
Relativitāte	Relatīva kustība	Atkarīga no novērotāja	ātrums, laiks	Liels ātrums	Nav absolūtas kustības
Kvantfizika	Varbūtiska kustība	Nenoteiktība	impulss, enerģija	Elektrons atomā	Kustība nav determinēta

Fizikas mācīšana pēc atslēgvārdiem (konceptuālā pieeja)	
Vienotais koncepts: Fizika kā mijiedarbību (spēku) sistēma	
Pamatideja Visas fizikas parādības var interpretēt kā mijiedarbību rezultātu, kas izpaužas caur spēkiem vai to vispārinājumiem (laukiem, enerģiju, impulsu).	
Centrālais atslēgvārds: Spēki / mijiedarbība	
Kā visas tēmas sasaistās 1. Mehānika → tiešie spēki - smaguma spēks - berze - elastība klasiskā "spēku pasaulē"	3. Magnētisms → spēks uz kustīgiem lādiņiem - Lorenca spēks - Ampēra spēks īpašs spēku gadījumus
2. Elektriā → elektriskie spēki - lādņu mijiedarbība - Kulona spēks - elektriskais lauks spēks darbojas caur lauku	4. Viļņi → spēku rezultāts svārstībās svārstības rodas no spēku līdzsvara traucējuma spēki → kustība → viļnis
	5. Termodinamika → mikroliemeņa spēki - molekulu mijiedarbība - spiediens kā spēku summa spēki "neredzamā līmenī"
	6. Optika → elektromagnētiskā mijiedarbība gaismas = elektromagnētiskais viļnis spēki caur lauku
	7. Modernā fizika → fundamentālās mijiedarbības - gravitācija - elektromagnētiskā - stiprā - vājā visu reducējas uz mijiedarbībām

Spēka veids	Fizikālais cēlonis	Uz ko darbojas	Virziens	Kad parādās	Piemērs	Saistītā tēma
Smaguma spēks	Gravitācijas mijiedarbība	Visi ķermeņi ar masu	Uz Zemes centru	Vienmēr, ja ir masa	Kritoša bumba	Mehānika
Atbalsta reakcijas spēks	Virsmas deformācija	Ķermenis uz balsta	Perpendikulāri virsmai	Saskarē ar virsmu	Grāmata uz galda	Mehānika
Berzes spēks	Virsmu mijiedarbība	Saskares virsmas	Pret kustību	Kad ir kustība vai tās mēģinājums	Slidošs ķermenis	Mehānika
Elastības spēks	Deformācija	Deformēts ķermenis	Pret deformāciju	Kad ķermenis izstiepts/saspiests	Atspere	Mehānika
Vilkmes spēks	Ārēja iedarbība	Velkamais ķermenis	Kustības virzienā	Kad pielikts spēks	Vilkts objekts	Mehānika
Pretestības spēks	Vides (gaiss/šķidrums) mijiedarbība	Kustīgs ķermenis	Pret kustību	Kustībā vidē	Kritošs objekts gaisā	Mehānika
Elektriskais spēks	Lādņu mijiedarbība	Lādētas daļiņas	Starp lādiņiem	Ja ir lādiņi	Elektroni	Elektriā
Magnētiskais spēks (Lorenca)	Kustīgs lādiņš magnētiskajā laukā	Lādēta daļiņa	Perpendikulāri kustībai un laukam	Ja lādiņš kustas laukā	Elektrons laukā	Magnētisms
Ampēra spēks	Strāva magnētiskajā laukā	Vadītājs ar strāvu	Atkarīgs no virzieniem	Ja ir strāva laukā	Vads magnētā	Magnētisms
Arhimēda spēks	Spiediena starpība šķīdumā/gāzē	Iegremdēts ķermenis	Uz augšu	Šķīdumā vai gāzē	Peldēšana	Hidrostatika
Spiediena spēks	Daļiņu sadursmes	Virsmā	Perpendikulāri virsmai	Gāzēs/šķidrums	Spiediens traukā	Termodinamika

7. pielikums. Anketu jautājumi.

7.1. Jautājumi “Izglītojamo vajadzību un motivējošo faktoru” izpētei

IIM izvēles motivācijas noskaidrošana

ID

Uzsākšanas laiks

Pabeigšanas laiks

E-pasts (neobligāts lauks)

Vārds (neobligāts lauks)

1. Esmu izlasījis/usi informāciju par pētījumu, tā mērķiem un norisi. Es brīvprātīgi piekrītu piedalīties pētījumā.

2. Pašreizējā mācību iestāde (obligātais lauks)

3. Dzīvesvieta (nosaukums)

4. Mācību vieta (nosaukums)

5. Nosauciet iemeslus kāpēc izvēlaties mācības intensīvajos izlīdzinošajosursos (RTU sagatavošanas kursi)

7.2. Jautājumi “IIM pedagogiskā procesa e-ekosistēmas modeļa efektivitātes novērtēšanai”

ID

Uzsākšanas laiks

Pabeigšanas laiks

E-pasts (neobligāts lauks)

Vārds (neobligāts lauks)

Esmu izlasījis/usi informāciju par pētījumu, tā mērķiem un norisi. Es brīvprātīgi piekrītu piedalīties pētījumā.

7.3. Jautājumi/anketa “Izglītojamo individuālo mācību koncepciju realizācijai IIM procesā”

Sarindo būtiskākās koncepcijas

Būtiskākās koncepcijas pirms mācību procesa uzsākšanas	IIM procesā atzīta kā būtiskākā koncepcija	Būtiskākās koncepcijas realizācija mācību procesā
Koncepcija	Koncepcija	Koncepcija
1. Personīgā izaugsme	1. Jaunu zināšanu apguve	1. Personīgā izaugsme
2. Zināšanu un prasmju apguve praktiskai pielietošanai	2. Personīgā izaugsme	2. Jauno zināšanu apguve
3. Saņemtās informācijas apstrāde personīgās zināšanās	3. Zināšanu un prasmju apguve praktiskai pielietošanai	3. Zināšanu un prasmju apguve praktiskai pielietošanai
4. Jauno zināšanu apguve	4. Personīgo zināšanu konstruēšana	4. Praktiskās pieredzes pārvēršana zināšanās
5. Personīgo zināšanu konstruēšana	5. Saņemtās informācijas apstrāde personīgās zināšanās	5. Saņemtās informācijas apstrāde personīgās zināšanās
6. Praktiskās pieredzes pārvēršana zināšanās	6. Praktiskās pieredzes pārvēršana zināšanās	6. Personīgo zināšanu konstruēšana

7.4. Jautājumi/anketa “Pārbaudītu metožu sasaiste (mijšakarība) ar studiju mērķu sasniegšanas pašvērtējums”

Mācību metodes	Akadēmiskie mērķi		Personīgie mērķi		Sociālie mērķi	
	Jā	Nē	Jā	Nē	Jā	Nē
Materiāla atrašana un iedziļināšanās						
Iegūtās pieredzes analīze						
Grupu darbs						
Pētnieciskie projekti VL						
Diskusijas						
Patstāvīgais darbs						
Individuālās konsultācijas ar pedagogu						
Eksperimentēšana VL						
Praktiskās nodarbības auditorijā						

7.5. Jautājumi “IIM pedagoģiskā procesā piedāvāto e- studiju tehnoloģiju novērtēšanai”

Piedāvāto e- studiju tehnoloģiju nosaukums	Piekrītu (%)	Neitrāli (%)	Nepiekrītu (%)
Piedāvāto tehnoloģisko rīku lietošanas instrukcija skaidra un saprotama			
Man patika piedāvāto mācību materiālu vizuālais noformējums			
Mācību saturs pasniegts skaidri un saprotami			
Piedāvātie tehnoloģiskie risinājumi ir piemēroti pastāvīgām mācībām			
Piedāvātie tehnoloģiskie risinājumi un mācību saturs ir elastīgs			

7.6. Jautājumi “IIM satura moduļu novērtējums novērtēšanai”

Apgalvojums	Piekrītu (%)	Neitrāli (%)	Nepiekrītu (%)
Mācību saturs elastīgs			
Saturs viegli lietojams patstāvīgām mācībām			
Saturs skaidrs un saprotams			
Satura modelī instrukcijas ir skaidras un saprotamas			

7.7. Eksperu anketa

EKSPERTU ANKETA

Intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) pedagoģiskā procesa novērtēšanai

Cienījamais ekspert!

Šīs anketas mērķis ir izvērtēt intensīvo izlīdzinošo mācību (IIM) pedagoģisko modeli fizikā, novērtējot tā efektivitāti, struktūru un atbilstību mūsdienu izglītības pieejām.

Anketas aizpildīšanas laiks: 10–15 min.

Vērtēšanas skala: 1–5 (1 – nepiekrītu, 5 – pilnīgi piekrītu).

1. Eksperta profils

Jūsu profesionālā joma: _____

Darba pieredze: _____

2. Novērtējums (atzīmējiet atbilstošo):

IIM modeļa struktūra ir loģiska 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

Diagnostikas sistēma ir pamatota 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

Modelis nodrošina personalizāciju 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

Digitālās tehnoloģijas ir efektīvi integrētas 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

Modelis veicina pašregulētu mācīšanos 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

IIM uzlabo izglītojamo kognitīvos rezultātus 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

IIM ir efektīvs pārejā uz augstskolu 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

3. Atvērtie jautājumi

Stiprās puses: _____

Uzlabojumi: _____

Zinātniskā novitāte: _____

Validitātes pamatojums

Anketas saturs tika izstrādāts, balstoties uz promocijas darbā izmantoto teorētisko ietvaru: personalizētu mācīšanos, pašregulētu mācīšanos, digitālo transformāciju izglītībā un IIM pedagoģiskā procesa e-ekosistēmas modeli. Satura validitāte (*content validity*) tika nodrošināta, izmantojot ekspertu izvērtējumu (*expert review*), kurā piedalījās izglītības, fizikas didaktikas un e-mācīšanās jomas speciālisti.

Ekspertu vērtējums tika izmantots, lai izvērtētu izstrādātā modeļa teorētisko pamatotību, strukturālo loģiku, pedagoģisko atbilstību un praktiskās izmantošanas iespējas. Eksperti sniedza gan kvantitatīvus vērtējumus, gan kvalitatīvus komentārus, kas tika izmantoti modeļa pilnveidei.

Ekspertu skaits ($n = 10$) atbilst metodoloģiskajām rekomendācijām satura validitātes izvērtēšanai izglītības pētījumos, kur par pietiekamu tiek uzskatīta 8–12 ekspertu iesaiste (Lynn, 1986; Polit & Beck, 2006). Ekspertu vērtējumu analizē tika izmantota aprakstošā statistika un ekspertu komentāru kvalitatīvā analīze.

Ekspertu vērtējumu kopsavilkums

Kritērijs	Vidējais vērtējums	SD
Modeļa struktūra	4,8	0,4
Diagnostikas sistēma	4,7	0,5
Personalizācija	4,8	0,4
Digitālo tehnoloģiju integrācija	4,9	0,3
Pašregulētas mācīšanās veicināšana	4,7	0,5
Kognitīvo sasniegumu attīstība	4,8	0,4
Piemērotība pārejai uz augstskolu	4,9	0,3

SD ir **standartnovirze** (*Standard Deviation*). Tā raksturo, cik ļoti respondentu vērtējumi atšķiras no vidējā vērtējuma.

Vidējais $\approx 4,8$

SD $\approx 0,4$

Tas nozīmē, ka ekspertu viedokļi ir ļoti līdzīgi un pastāv augsta vienprātība.

Lynn, M. R. (1986). Determination and quantification of content validity. *Nursing Research*, 35(6), 382–385.

Polit, D. F., & Beck, C. T. (2006). The content validity index: Are you sure you know what's being reported? Critique and recommendations. *Research in Nursing & Health*, 29(5), 489–497.

7.8. Pētījuma izlases sociāli demogrāfiskie rādītāji

Rādītājs	Grupa	N
Dzimums	Sievietes	152
	Vīrieši	468
Vecumposms	17- 25	555
	25- 35	35
	35<.....	30
Dzīves vieta *	Rīga	365
	Lielā pilsēta	57
	Mazpilsēta	56
	Lauku reģions	142

* LR Centrālās statistikas pārvaldes klasifikācija

8. pielikums. Aprobācijas rezultātu prezentācijas kopsavilkuma fragmenti IIM kontekstā no Slide Wiki atskaites Riga Technical University, Distance Education Study Centre, Latvia 2018

Secondary school / Gymnasium

Language - Latvian

Subject – Physics

Each desk unit has a multiple choice questioner at the end of each unit. This subject contains 3 major topics and 12 main units. In total 210 learning hours (face-to-face and individual study). Participating 240 students from grades 10 and 11.

Topic	Unit	Link to source
Theory of Molecular Kinetics	Construction of substance	https://slidewiki.org/deck/120234/vielas-uzbuve
	Gas Laws	https://slidewiki.org/deck/105265/gazu-likumi/deck/105265/?language=lv
Basics of thermodynamics	Isoperimetric processes	https://slidewiki.org/deck/123846-1/
	Internal energy	https://slidewiki.org/deck/123848-1/
	Heat amount	https://slidewiki.org/deck/118740/termodinamiskie-cikli-siltuma-dzineji
	Work in thermodynamics	https://slidewiki.org/deck/123849-1/
	The first law of thermodynamics	https://slidewiki.org/deck/123871-1/
Electrostatics	The first thermodynamic law for isoperimetric processes	https://slidewiki.org/deck/123874-1/
	Principles of electrification	https://slidewiki.org/deck/111476-1/
	Coulomb's law	https://slidewiki.org/deck/120827-1/
	Electric field intensity	https://slidewiki.org/deck/105264/elektriska-lauka-intensitate
	The potential of the electric field	https://slidewiki.org/deck/120052/

Riga Technical University

Language - Latvian

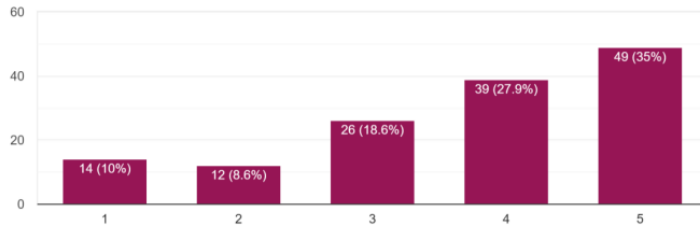
Subject – Catch-up Courses for entering the university

This subject contains 5 major topics and 12 units as well as multiple choice questioner at end of each unit. In total 578 learning hours (face-to-face and individual study). Participating 80 students.

Topic	Unit	Link to source
Mathematics in physics	Mathematics in physics	https://slidewiki.org/deck/123620-1/
		https://slidewiki.org/deck/123619/matematikas-lietosana-fizika/deck/123619
Basics of kinematics	Description parameters of kinematics	https://slidewiki.org/deck/118655-2/
	Motion in straight line	https://slidewiki.org/deck/122710/
	Accelerated motion in straight line	https://slidewiki.org/deck/122711-1/
	Circular motion	https://slidewiki.org/deck/108524/
	Motion in the gravitational fields	https://slidewiki.org/deck/108522-2/kustiba/slide/709614-2-3/view
Fundamental interaction and force	Types of forces	https://slidewiki.org/deck/124241-1/
	Newton's law	https://slidewiki.org/deck/124242/nutona-likumi
	Motion affected by force	https://slidewiki.org/deck/124243-1/
Work, power, energy	Work, power, energy	https://slidewiki.org/deck/124245/darbs-jauda-enerģija
	Conservation of energy	https://slidewiki.org/deck/124246/
Mechanical waves	Harmonic motion for Mathematical pendulum & Spring pendulum	https://slidewiki.org/deck/124247/

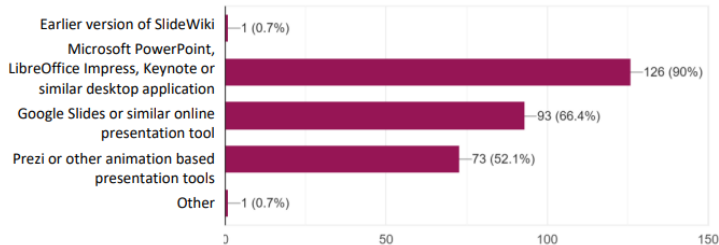
1. *How confident are you with using web sites?*

Since majority of respondents were young people, they rate themselves to be very tech-savvy.



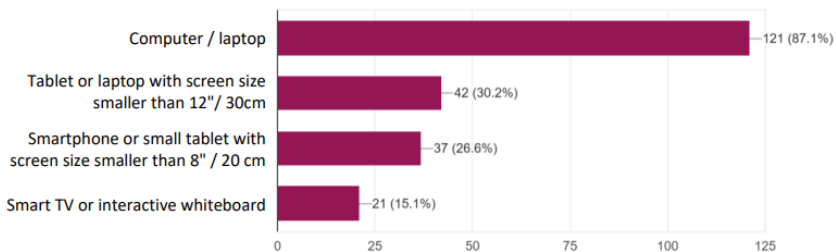
2. *Please indicate if you regularly use any of the following tools for presentations.*

Option "other" contained the same information as in second and third option, like, PowerPoint and Google Slides.

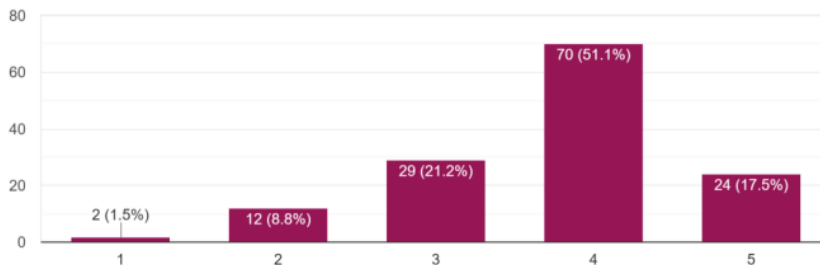


4. *What devices have you used to access SlideWiki?*

Many respondents were introduced to SlideWiki platform while using personal computers which may affect the number of respondents choosing this specific medium. But nonetheless other devices were used by participants which also relates to some of the feedback on how effective and efficient it was to use platform with these devices.



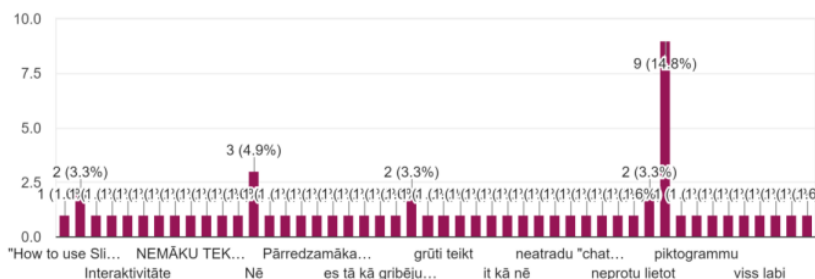
6. How useful did you find the platform?



12. Were there any features missing?

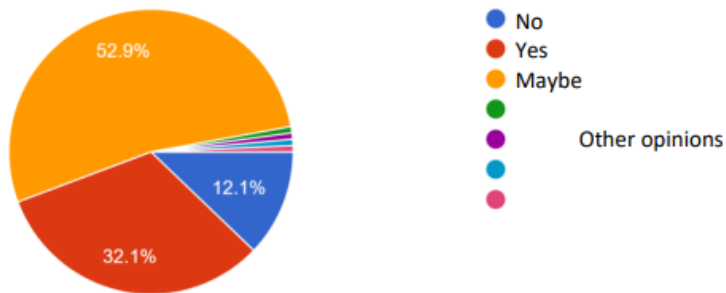
Most common answer was that there are no features missing or they are unsure. Rest pointed out following (missing features):

- Option to insert image in test,
- Missing native language (Latvian in this case),
- Interactive guide to help better navigate the platform,
- Chat option,
- “How to use SlideWiki” was not sufficient enough,
- Option to edit slides on smartphone,
- Division of presentation in topics,
- Navigation felt confusing,
- Animation feature,
- “Log in with Facebook” feature,
- Needed more interaction,
- Easy switching between slides,
- Visibility of information,
- Option to preview presentation design,
- Felt outdated,
- Wished for more templates to choose from,
- Downloading felt lengthier than in other platforms.



13. *Would you recommend SlideWiki to a friend or colleague?*

Participants were quite unsure which might be due to majority using platform for very short time. Some of the participants expressed just that – been using not enough to have an objective opinion. Forth most frequent answer was: “it depends”.

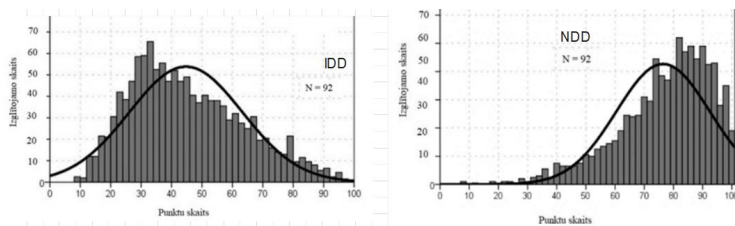


9. pielikums. Detalizēti rezultāti pa mācību gadiem. Apkopojums.

Salīdzinot IDD un NDD rezultātus, konstatēts sistemātisks mācību sasniegumu pieaugums visos analizētajos gados (skat. 50. att.; 9. pielikums).

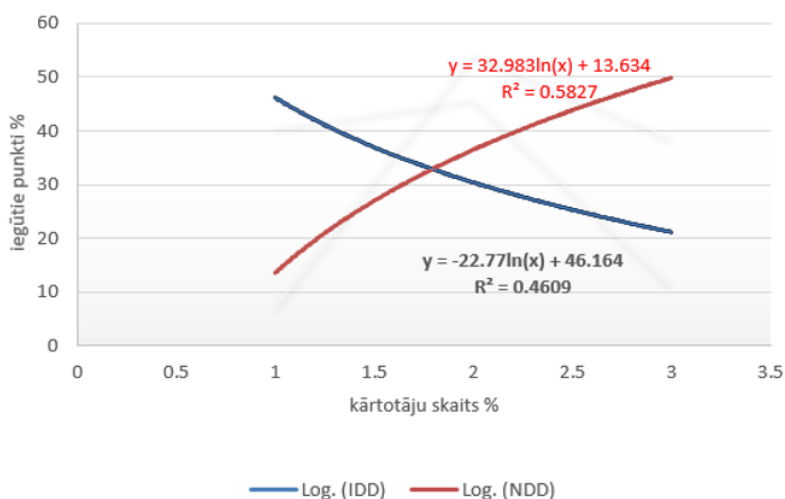
2015./2016. mācību gads

Pētījumā iesaistīto izglītojamo skaits $N = 92$.



9.1. attēls. 2015./2016. m. g. IDD un NDD izglītojamo sniegumu sadalījums pa punktiem (autores apkopojums).

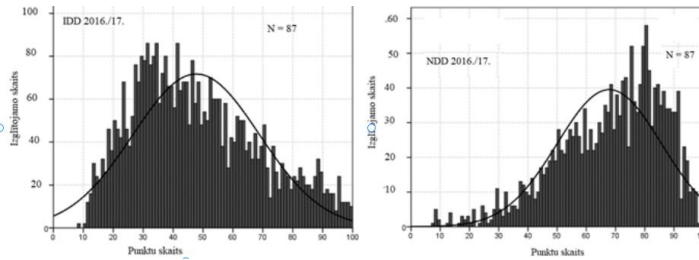
IDD vidējais rezultāts bija 44,7 punkti ($SD = 18,6$), savukārt NDD vidējais rezultāts sasniedza 76,4 punktus ($SD = 16,0$). III sasniegumu līmeni IDD sasniedza 6,5 % izglītojamo, bet NDD – 54,0 %.



9.2. attēls. 2015./2016. m. g. IDD un NDD rezultātu salīdzinājums (autores apkopojums).

2016./2017. mācību gads

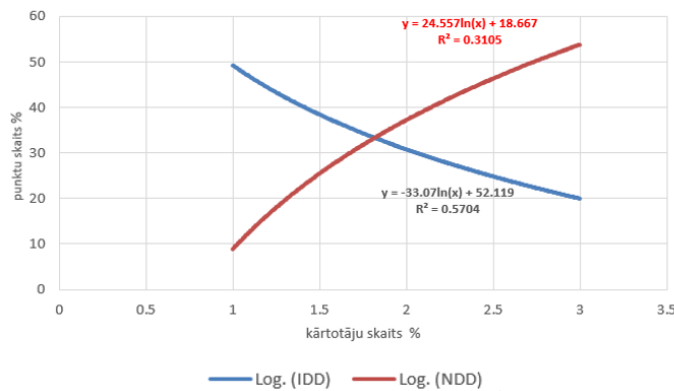
Pētījumā iesaistīto izglītojamo skaits $N = 87$.



9.3. attēls.

2016./2017. m. g. IDD un NDD izglītojamo sniegumu sadalījums pa punktiem (autore apkopojums).

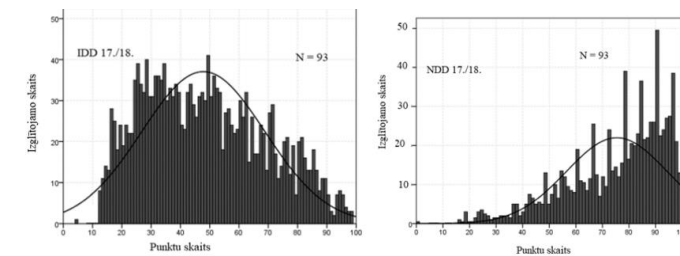
IDD vidējais rezultāts bija 47,7 punkti (SD = 21,1), savukārt NDD vidējais rezultāts sasniedza 69,0 punktus (SD = 18,3). III sasniegumu līmeni IDD sasniedza 11,3 % izglītojamo, bet NDD – 38,7 %.



9.4. attēls. 2016./2017. m. g. IDD un NDD rezultātu salīdzinājums (autore apkopojums).

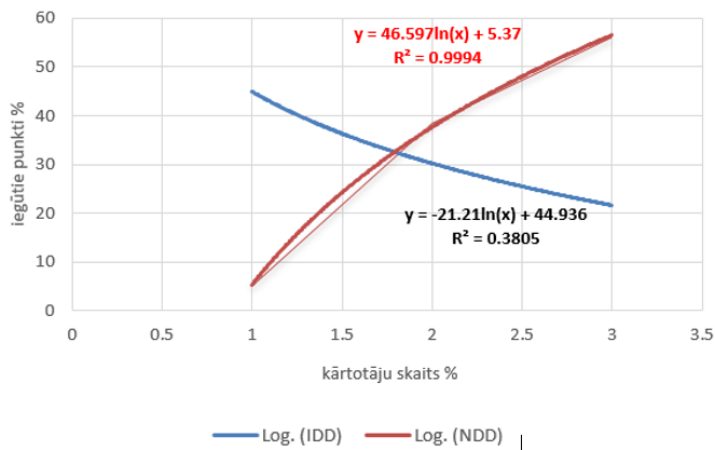
2017./2018. mācību gads

Pētījumā iesaistīto izglītojamo skaits N = 93.



9.5. attēls. 2017./2018. m. g. IDD un NDD izglītojamo sniegumu sadalījums pa punktiem (autore apkopojums).

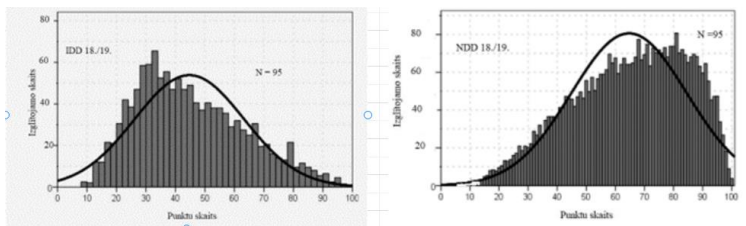
IDD vidējais rezultāts bija 47,8 punkti (SD = 21,0), savukārt NDD vidējais rezultāts sasniedza 75,4 punktus (SD = 19,0). III sasniegumu līmeni IDD sasniedza 10,8 % izglītojamo, bet NDD – 56,1 %.



9.6. attēls. 2017./2018. m. g. IDD un NDD rezultātu salīdzinājums (autore apkopojums).

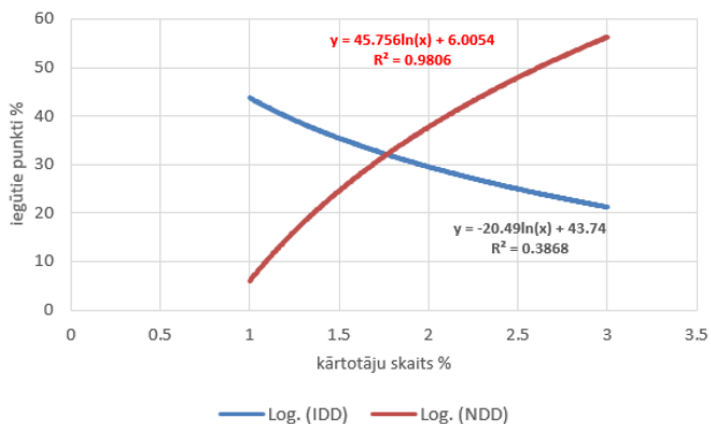
2018./2019. mācību gads

Pētījumā iesaistīto izglītojamo skaits $N = 95$.



9.7. attēls. 2018./2019. m. g. IDD un NDD izglītojamo sniegumu sadalījums pa punktiem (autore apkopojums).

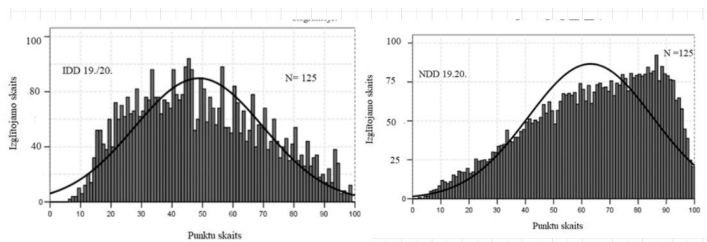
IDD vidējais rezultāts bija 44,6 punkti ($SD = 18,7$), savukārt NDD vidējais rezultāts sasniedza 64,5 punktus ($SD = 19,9$). III sasniegumu līmeni IDD sasniedza 4,3 % izglītojamo, bet NDD – 31,0 %.



9.8. attēls. 2018./2019. m. g. IDD un NDD rezultātu salīdzinājums (autore apkopojums).

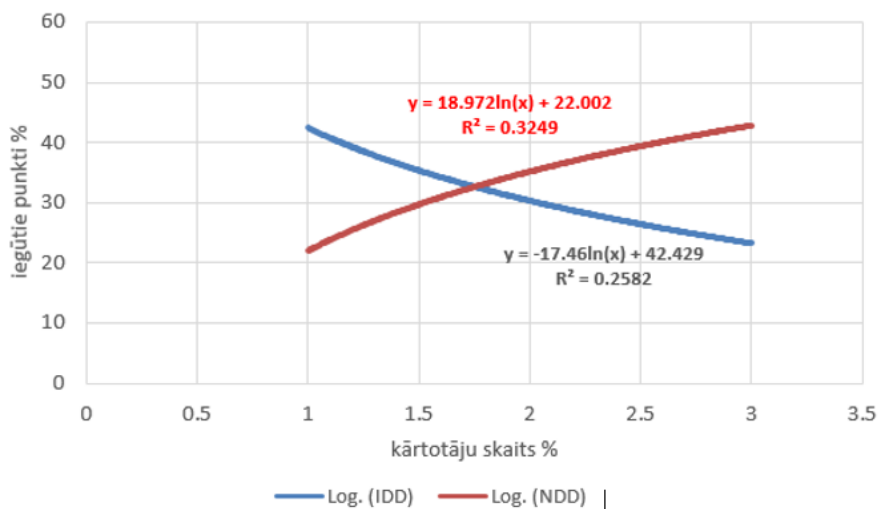
2019./2020. mācību gads

Pētījumā iesaistīto izglītojamo skaits $N = 125$.



9.9. attēls. 2019./2020. m. g. IDD un NDD izglītojamo sniegumu sadalījums pa punktiem (autore apkopojums).

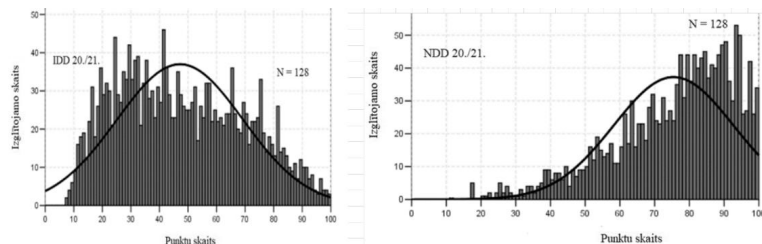
IDD vidējais rezultāts bija 48,8 punkti ($SD = 21,1$), savukārt NDD vidējais rezultāts sasniedza 63,1 punktu ($SD = 22,1$). III sasniegumu līmeni IDD sasniedza 11,4 % izglītojamo, bet NDD – 31,9 %.



9.10. attēls. 2019./2020. m. g. IDD un NDD rezultātu salīdzinājums (autore apkopojums).

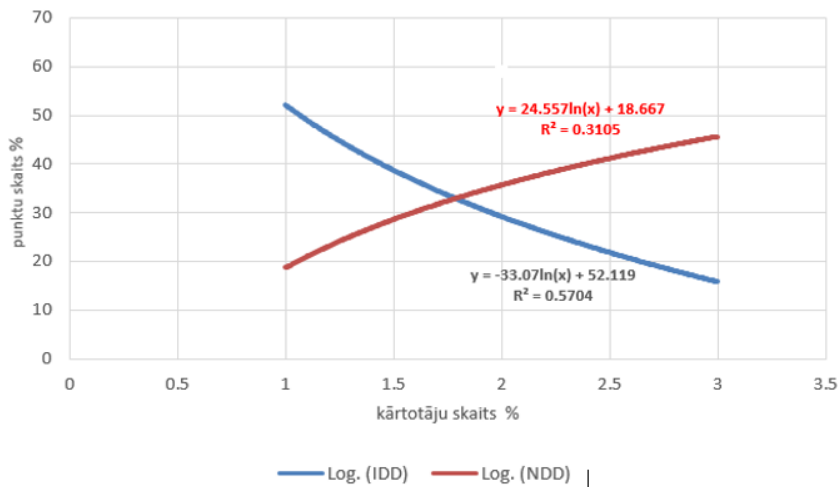
2020./2021. mācību gads

Pētījumā iesaistīto izglītojamo skaits $N = 128$.



9.11. attēls. 2020./2021. m. g. IDD un NDD izglītojamo sniegumu sadalījums pa punktiem (autores apkopojums).

IDD vidējais rezultāts bija 47,2 punkti (SD = 22,1), savukārt NDD vidējais rezultāts sasniedza 75,4 punktus (SD = 17,2). III sasniegumu līmeni IDD sasniedza 10,9 % izglītojamo, bet NDD – 53,7 %.



9.12. attēls. 2020./2021. m. g. IDD un NDD rezultātu salīdzinājums (autores apkopojums).

Izglītojamo sasniegumu dinamika 2015.–2021. gadā

Lai raksturotu izglītojamo sasniegumu izmaiņas ilgākā laika periodā, 9.1. tabulā apkopots sasniegumu līmeņu sadalījums visos analizētajos mācību gados.

	IDD			NDD		
	I	II	III	I	II	III
2015./16.	45.2	46.13	6.5	3.3	41.7	54
2016/17.	40.4	46	11.3	7.1	54.2	38.7
2017./18.	38.6	47.4	10.8	5.1	38.4	56.1
2018./19.	45.4	47.4	4.3	10.1	58.9	31
2019./20.	35.5	49.1	11.4	15.6	52.5	31.9
2020./21.	37.7	45.9	10.9	41.8	41.8	53.7

9.1. tabula. Sniegumu līmeņu virzība pa gadiem RTU intensīvajos izlīdzinošajosursos fizikā (autores apkopojums).

Regresīvās pārejas nav 0 (II → I, III → I, III → II)*

Piezīme*

I → I stabilitāte; I → II progresija; I → III progresija; II → I regresija; II → II stabilitāte;

II → III progresija; III → I regresija; III → II regresija; III → III stabilitāte.

Lai nodrošinātu pārskatāmu starpgadu salīdzinājumu, 9.2. tabulā apkopoti galvenie statistiskie rādītāji.

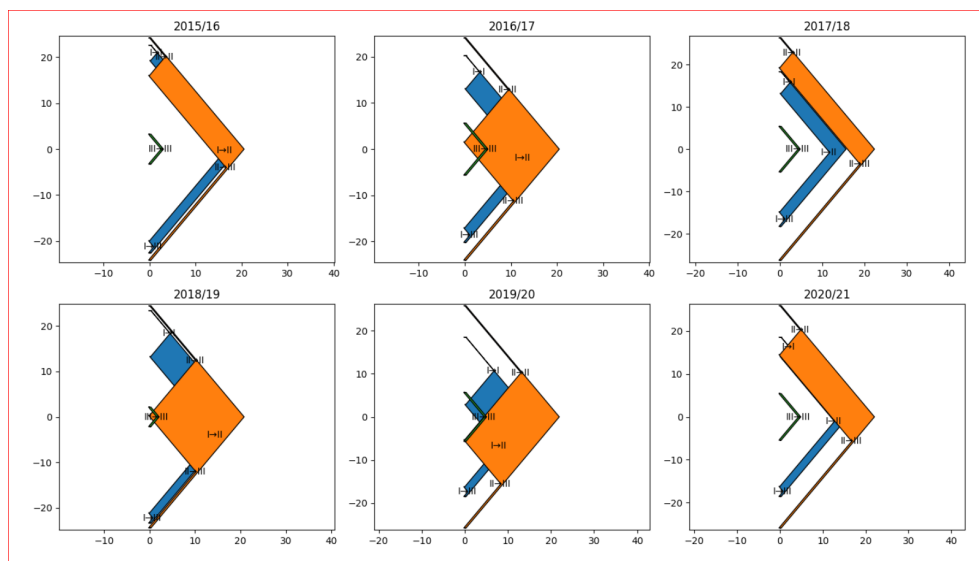
Mācību gads	N	IDD vidējais rezultāts (%)	NDD vidējais rezultāts (%)	Pieaugums (punkti)	III līmenis IDD (%)	III līmenis NDD (%)	Hake g
2015./2016.	92	44,7	76,4	+31,7	6,5	54,0	0,57
2016./2017.	87	47,7	69,0	+21,3	11,3	38,7	0,41
2017./2018.	93	47,8	75,4	+27,6	10,8	56,1	0,53
2018./2019.	95	44,6	64,5	+19,9	4,3	31,0	0,36
2019./2020.	125	48,8	63,1	+14,3	11,4	31,9	0,28
2020./2021.	128	47,2	75,4	+28,2	10,9	53,7	0,53
Kopā / vidēji	620	46,8	70,6	+23,8	9,2	44,2	0,45

9.2. tabula. IDD un NDD rezultātu kopsavilkums 2015.–2021. mācību gadā (autores apkopojums).

Tabulas dati liecina par sistemātisku mācību sasniegumu pieaugumu visos analizētajos mācību gados. Vidējais IDD rezultāts pieauga no 44,6–48,8 % līdz 63,1–76,4 %, savukārt III sasniegumu līmeni sasniegušo izglītojamo īpatsvars palielinājās no 4,3–11,4 % ievaddiagnostikā līdz 31,0–56,1 % nobeiguma diagnostikā. Aprēķinātās Hake g vērtības galvenokārt atbilst vidējam mācību sasniegumu pieaugumam, kas raksturīgs efektīvām fizikas mācību intervencēm (Hake, 1998).

Izglītojamo pārejas starp sasniegumu līmeņiem

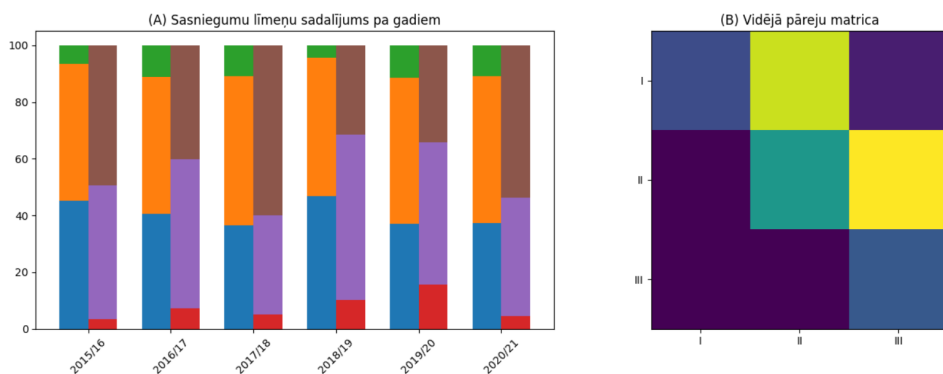
Lai vizualizētu izglītojamo pārejas starp sasniegumu līmeņiem no ievaddiagnostikas (IDD) uz nobeiguma diagnostiku (NDD), izmantota Sankey diagrammu pieeja. Diagrammās kreisajā pusē attēlots sākotnējais sasniegumu līmenis, labajā pusē – sasniegtais līmenis pēc IIM kursa, savukārt plūsmu biezums atspoguļo izglītojamo īpatsvaru.



9.13. attēls. Izglītojamo pārejas starp sasniegumu līmeņiem (IDD → NDD) 2015.–2021. mācību gadā (autores apkopojums).

Diagrammas ilustrē individuālo sasniegumu dinamiku un papildina promocijas darba 3.3. nodaļā sniegto pāreju matricu analīzi. Pāreju diagrammas ļauj vizualizēt izglītojamo virzību starp sasniegumu līmeņiem no IDD uz NDD. Diagrammās kreisajā pusē attēlots sākotnējais sasniegumu līmenis, bet labajā pusē – sasniegtais līmenis pēc IIM kursa. Plūsmu biezums raksturo izglītojamo skaitu attiecīgajā pārejā.

Visos analizētajos mācību gados dominē pārejas no zemākiem uz augstākiem sasniegumu līmeņiem, savukārt regresīvas pārejas ir nelielas.



9.14. attēls. Sasniegumu līmeņu pāreju matrica 2020./2021. mācību gadā.

Pāreju matrica papildina Sankey diagrammas, ļaujot kvantitatīvi novērtēt pāreju intensitāti starp sasniegumu līmeņiem. Matricas diagonāle raksturo līmeņa saglabāšanu, savukārt vērtības virs diagonāles raksturo progresu uz augstākiem kognitīvās darbības līmeņiem.

10. pielikums. Aprobācijas rezultātu apstrādes piemēri no Iteman Test Analysis Program *ITEMAN™ for Windows*.

Pilns pētījuma komplektu veido kopumā 324.lpp. (autores). Elektroniskais variants pieejams RTU One Drive mākonī

```
ITEMAN (tm) Conventional Item Analysis Program    Page 1
Copyright (c) 1982 - 1995 by Assessment Systems Corporation

Item and Test Analysis Program -- ITEMAN (tm) for Windows95 Version 3.50

Item analysis for data from file C:\Users\austrisc\Desktop\fiz2.dat
Date: 15                                         Time: 11.59

***** ANALYSIS SUMMARY INFORMATION *****

Data (Input) File: C:\Users\austrisc\Desktop\fiz2.dat
Analysis Output File: C:\Users\austrisc\Desktop\2.OUT
Score Output File: C:\Users\austrisc\Desktop\2.SCR
Exceptions File: NONE
Statistics Output File: NONE

Scale Definition Codes: DICHOT = Dichotomous    MPOINT = Multipoint/Survey

Scale:      0
-----
Type of Scale DICHOT
N of Items    29
N of Examinees 55

***** CONFIGURATION INFORMATION *****

Type of Correlations: Point-Biserial
Correction for Spuriousness: NO
Ability Grouping: YES
Subgroup Analysis: NO
Express Endorsements As: PERCENTAGES
Score Group Interval Width: 1
```

Aprobācijai piedāvātā 55 uzdevuma komplekta analīzes kopsavilkums (piemērs) no Iteman Test Analysis Program ITEMAN™ for Windows (autores)

Item and Test Analysis Program -- ITEMAN (tm) for Windows95 Version 3.50

Item analysis for data from file C:\Users\Bamster\ic\Desktop\fi12.dat

Date: 15

Time: 11.59

Seq. No.	Scale Item	Item Statistics			Alternative Statistics					
		Pct Correct	Disc. Index	Point Biser.	Alt.	Pct Total	Endorsing Low	High	Point Biser.	Key
1	0-1	29	.29	.20	A	4	0	0	.01	
					B	24	36	12	-.31	
					C	29	13	41	.29	*
					D	42	44	47	.03	
					Other	2	0	0	-.10	
2	0-2	62	.44	.39	A	9	19	0	-.35	
					B	24	36	6	-.20	
					C	62	44	88	.39	*
					D	2	0	0	-.07	
					Other	4	0	0	.04	
3	0-3	25	.23	.14	A	9	19	0	-.19	
					B	25	13	35	.14	*
					C	16	13	18	-.03	
					D	47	56	47	.01	
					Other	0	0	0		
4	0-4	78	.30	.50	A	78	44	94	.50	*
					B	2	6	0	-.18	
					C	13	25	6	-.21	
					D	7	25	0	-.43	
					Other	0	0	0		
5	0-5	30	.23	.28	A	2	0	0	-.03	
					B	55	63	59	-.03	
					C	20	31	12	-.23	
					D	20	6	29	.28	*
					Other	4	0	0	-.01	
6	0-6	45	.58	.42	A	13	6	12	.07	
					B	15	36	0	-.40	
					C	25	36	18	-.12	
					D	45	13	71	.42	*
					Other	2	0	0	-.33	
7	0-7	36	.34	.25	A	31	44	18	-.20	
					B	20	19	18	.06	
					C	36	19	53	.25	*
					D	11	13	12	-.02	
					Other	2	0	0	-.33	
8	0-8	7	-.01	.02	A	76	63	82	.00	?
					B	4	6	0	-.12	
					C	11	19	6	-.05	
					D	7	13	12	.02	*
					Other	2	0	0	-.03	
					CHECK THE KEY d was specified, a works better					
9	0-9	62	.63	.52	A	11	19	6	-.17	
					B	7	6	0	-.17	
					C	15	36	0	-.34	
					D	62	31	94	.52	*
					Other	5	0	0	-.09	
10	0-10	71	.44	.36	A	15	31	6	-.21	
					B	11	25	6	-.31	
					C	71	44	86	.36	*
					D	4	0	0	.04	
					Other	0	0	0		
11	0-11	80	.56	.57	A	4	6	0	-.09	
					B	5	19	0	-.34	
					C	80	44	100	.57	*
					D	11	31	0	-.39	
					Other	0	0	0		
12	0-12	55	.67	.48	A	18	19	12	-.07	
					B	55	31	66	.48	*
					C	16	25	9	-.24	
					D	5	13	0	-.18	
					Other	5	0	0	-.29	
13	0-13	49	.27	.18	A	9	13	6	-.10	
					B	15	25	16	-.07	
					C	49	38	65	.18	*
					D	27	25	12	-.06	
					Other	0	0	0		
14	0-14	16	.23	.13	A	22	31	6	-.12	
					B	35	36	35	-.06	
					C	27	25	29	.07	
					D	16	6	29	.13	*
					Other	0	0	0		

15	0-15	44	-.08	.04	A	14	25	18	-.08	*
					B	44	34	29	.04	
					C	14	25	12	-.21	
					D	18	13	41	.25	?
					Other	2	0	0	.01	
					CHECK THE KEY					
					b was specified, d works better					
16	0-16	40	.22	.21	A	16	25	8	-.23	*
					B	40	31	53	.21	
					C	25	31	12	-.12	
					D	16	8	29	.16	
					Other	2	0	0	-.18	
17	0-17	15	-.01	.05	A	15	19	18	.05	*
					B	36	38	41	.03	
					C	15	8	12	.03	
					D	35	39	29	-.08	
					Other	9	0	0		
18	0-18	51	.33	.40	A	5	0	0	-.03	
					B	20	19	24	-.09	
					C	51	38	71	.40	*
					D	22	44	8	-.36	
					Other	2	0	0	-.07	
19	0-19	18	.23	.27	A	4	0	8	.12	
					B	18	13	35	.27	*
					C	64	68	59	-.05	
					D	2	6	0	-.10	
					Other	13	0	0	-.26	
20	0-20	64	.63	.54	A	13	19	0	-.27	
					B	18	39	8	-.36	
					C	5	13	0	-.14	
					D	64	31	94	.54	*
					Other	0	0	0		
21	0-21	25	.28	.29	A	25	19	47	.29	*
					B	31	44	12	-.23	
					C	16	19	18	-.13	
					D	27	19	24	.07	
					Other	0	0	0		
22	0-22	20	.11	.15	A	33	19	47	.23	?
					B	25	31	18	-.36	
					C	20	13	24	.15	*
					D	20	31	12	-.04	
					Other	2	0	0	-.18	
					CHECK THE KEY					
					c was specified, a works better					
23	0-23	24	.05	.08	A	9	19	0	-.22	*
					B	24	19	24	.08	*
					C	24	25	8	-.09	
					D	38	25	71	.30	?
					Other	5	0	0	-.34	
24	0-24	76	.38	.37	A	4	13	0	-.20	
					B	76	50	86	.37	*
					C	5	13	8	-.20	
					D	15	25	6	-.21	
					Other	0	0	0		
25	0-25	35	.16	.10	A	13	13	18	.04	
					B	42	39	29	-.04	
					C	35	31	47	.10	*
					D	11	19	6	-.14	
					Other	0	0	0		
26	0-26	60	.39	.36	A	60	44	82	.36	*
					B	13	31	8	-.37	
					C	5	0	0	-.05	
					D	13	19	12	-.05	
					Other	9	0	0	-.10	
27	0-27	16	.05	.07	A	25	31	24	.03	
					B	38	31	35	-.04	
					C	20	25	24	-.05	
					D	16	13	18	.07	*
					Other	0	0	0		
28	0-28	20	.05	.10	A	20	13	18	.10	*
					B	13	31	8	-.33	
					C	51	39	71	.23	?
					D	15	13	6	-.05	
					Other	2	0	0	-.18	
					CHECK THE KEY					
					a was specified, c works better					
29	0-29	29	.46	.40	A	33	25	29	.08	
					B	29	44	6	-.30	*
					C	29	19	65	.40	*
					D	5	6	0	-.16	
					Other	4	0	0	-.28	

Aprobācijas rezultāti. Katra izglītojamā snieguma analīze (piemērs) no Iteman Test Analysis Program ITEMAN™ for Windows (autores).

Item and Test Analysis Program — ITEMAN (tm) for Windows95 Version 3.50

Item analysis for data from file C:\Users#austriac\Desktop#fiz2.dat
Date: 15 Time: 11.50

There were 55 examinees in the data file.

Scale Statistics

Scale: 0

N of Items	29
N of Examinees	55
Mean	11.727
Variance	12.962
Std. Dev.	3.600
Skew	-0.033
Kurtosis	-0.267
Minimum	3.000
Maximum	20.000
Median	12.000
Alpha	0.583
SEM	2.325
Mean Post Corr	.40
Mean Item-Tot.	0.274
Mean Biserial	0.365
Max Score (Low)	9
M (Low Group)	16
Min Score (High)	14
M (High Group)	17

Kopsavilkums (piemērs) no Iteman Test Analysis Program ITEMAN™ for Windows (autores).

ITEMAN datu apkopojums par iegūto punktu sadalījumu – pareizo atbilžu skaitu, izglītojamo absolūto skaitu un procentuālo īpatsvaru.

Item and Test Analysis Program — ITEMAN (tm) for Windows95 Version 3.50

Item analysis for data from file C:\Users#austriac\Desktop#fiz2.dat
Date: 15 Time: 11.50

SCALE # 0

Score Distribution Table

Number Correct	Frequency	Cum Freq	PR	PCT	
1	0	0	1	0	
2	0	0	1	0	
3	1	1	2	2	
4	1	2	4	2	
5	0	2	4	0	
6	1	3	5	2	
7	4	7	13	7	
8	3	10	18	6	
9	6	16	29	11	
10	2	18	33	4	
11	9	27	49	18	
12	8	35	64	15	
13	3	38	69	6	
14	2	40	73	4	
15	6	46	84	11	
16	4	50	91	7	
17	3	53	96	6	
18	0	53	96	0	
19	1	54	98	2	
20	1	55	99	2	
21	0	55	99	0	
22	0	55	99	0	

... No examinees above this score ...

Punktu sadalījuma tabula (piemērs) no Iteman Test Analysis Program ITEMAN™ for Windows (autores).



Loreta Juškaite dzimusi 1964. gadā Molētos (Lietuva). Latvijas Universitātē ieguvusi fiziķes un pasniedzējas kvalifikāciju (1995), maģistra grādu fizikā (1998) un vidusskolas informātikas skolotājas kvalifikāciju (2005). Strādājusi par Rīgas pilsētas Latgales priekšpilsētas fizikas skolotāju metodiskās apvienības vadītāju, par direktora vietnieci un fizikas un informātikas skolotāju Rīgas Lietuviešu vidusskolā. Piedalījies vairākos starptautiskos un Latvijas *STEM* izglītības projektos. Ir vairāku fizikas mācību un metodisko līdzekļu līdzautore, vairāku zinātnisko publikāciju, kuru rezultāti publicēti starptautiski recenzētos izdevumos un konferenču rakstu krājumos, kas indeksēti *Scopus* datubāzēs, autore un līdzautore. Kopš 2021. gada darbojas *INTED (International Technology, Education and Development)* konferenču konsultatīvajā padomē. Kopš 2011. gada ir Rīgas Tehniskās universitātes (RTU) lektore, vairāk nekā 10 gadus vadījusi RTU Sagatavošanas kursu nodaļu. Patlaban ir RTU lektore un Valsts izglītības attīstības aģentūras vecākā eksperte – valsts metodiķe vispārējā izglītībā.

Zinātniskās intereses saistītas ar virtuālo laboratoriju, e-rīku un digitālo mācību tehnoloģiju izstrādi un ieviešanu fizikas mācību procesā.